

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

DIPLOMSKI RAD
UPRAVLJANJE PROJEKTOM IZGRADNJE GRAĐEVINE

Osijek, 8. rujna 2016.

Mislav Krljan

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

DIPLOMSKI RAD
UPRAVLJANJE PROJEKTOM IZGRADNJE GRAĐEVINE

Osijek, 8. rujna 2016.

Mislav Krljan

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

Znanstveno područje:	Tehničke znanosti
Znanstveno polje:	Građevinarstvo
Znanstvena grana:	Organizacija i tehnologija građenja
Tema:	UPRAVLJANJE PROJEKTOM IZGRADNJE GRAĐEVINE
Pristupnik:	MISLAV KRLJAN
Naziv studija:	Diplomski sveučilišni studij Građevinarstvo

U radu je potrebno izraditi strukturu projekta izgradnje mosta preko rijeke Orljave. Potrebno je prikazati strukturnu raščlambu projekta (WBS), organizacijsku strukturu (OBS), te način povezivanja troškova i vremena u projektu (S-krivulju). Strukturu projekta i dinamički plan projekta izraditi korištenjem računalnog programa za upravljanje projektima (Microsoft Project ili Primavera Project Planner).

Rad treba izraditi u 3 primjerka (original+2 kopije), tvrdo ukoričena u A4 formatu koji sadrži i cjelovitu elektroničku datoteku u .pdf formatu na CD-u u prilogu.

Osijek, 7. svibnja 2015. godine

Mentorica:

Predsjednica Odbora za
završne i diplomske ispite:

izv.prof.dr.sc. Zlata Dolaček-Alduk

izv.prof.dr.sc. Mirjana Bošnjak-Klečina

SAŽETAK

Cilj ovog rada je objasniti upravljanje građevinskog projekta i njegove dijelove. Kroz primjer izgradnje mosta preko Orljave u km 4 + 923.94 na obilaznici Pleternica je izveden dinamički plan (gantogram i mrežni plan) sa pripadnom S-krivuljom troškova te je prikazana strukturna raščlamba projekta (WBS) i organizacijska struktura (OBS).

Ključne riječi: *projekt, dinamički plan, WBS, OBS, S-krivulja.*

SUMMARY

The goal of this work is to explain the management of a construction project and its parts. Dynamic plan (Gant chart and network diagram) with cost displaying corresponding S-curve, work breakdown structure (WBS) and organizational breakdown structure (OBS) were derived through the example of bridge construction over river Orljava at km 4 + 923.94 on Pleternica beltway.

Keywords: *project, dynamic plan, WBS, OBS, S-curve*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OPĆENITO O UPRAVLJANJU PROJEKTIMA.....	1
2.1. POJAM PROJEKTA	1
2.2. VRSTE PROJEKATA	2
2.3. SUŠTINA UPRAVLJANJA PROJEKTOM.....	2
2.4. ŽIVOTNI CIKLUS PROJEKTA.....	3
3. PODRUČJA UPRAVLJANJA	5
3.1. UPRAVLJANJE UGOVARANJEM.....	5
3.2. UPRAVLJANJE CILJEVIMA	5
3.3. UPRAVLJANJE OPSEGOM.....	5
3.4. UPRAVLJANJE VREMENOM	6
3.5. UPRAVLJANJE LJUDSKIM RESURSIMA	6
3.6. UPRAVLJANJE NABAVOM	7
3.7. UPRAVLJANJE TROŠKOVIMA.....	7
3.8. UPRAVLJANJE KOMUNIKACIJAMA	7
3.9. UPRAVLJANJE KVALITETOM	8
3.10. UPRAVLJANJE RIZIKOM	8
4. SUDIONICI PROJEKTA	9
4.1. INVESTITOR (NARUČITELJ)	10
4.2. PROJEKTANT	10
4.3. REVIDENT	11
4.4. IZVOĐAČ	11
4.5. NADZORNI INŽENJER	11
4.6. VODITELJ PROJEKTA.....	12
4.7. OSTALI INDIREKTNI SUDIONICI.....	14
5. PLAN I PLANIRANJE	14
5.1. PODJELA PLANOVA.....	15
5.2. STRUKTURA PLANA	16
5.2.1. Strukturna raščlamba projekta (WBS).....	16
5.2.2. Organizacijska struktura projekta (OBS)	18

5.3. METODE PLANIRANJA.....	20
5.3.1. Metode linijskog planiranja	21
5.3.1.1. Gantogram.....	21
5.3.1.2. Ciklogram.....	22
5.3.1.3. Ortogonalni plan	23
5.3.1.4. Histogram.....	23
5.3.1.5. S-krivulja.....	24
5.3.1.6. Linija balansa	25
5.3.2. Tehnika mrežnog planiranja (TMP)	26
6. RAČUNALNI PROGRAMI U UPRAVLJANJU PROJEKTIMA	27
7. GRAĐENJE MOSTOVA	28
7.1. MONOLITNA GRADNJA	28
7.2. MONTAŽNA GRADNJA	29
7.2.1. Ugrađivanje montažnih elemenata	29
7.2.2. Polumontažna izvedba	30
7.3. SLOBODNA KONZOLNA GRADNJA	31
7.4. GRAĐENJE METODAMA POMICANJA I ZAOKRETANJA.....	31
7.4.1. Potiskivanje ili uzdužno navlačenje	31
7.4.2. Zaokretanje polulukova	31
7.4.3. Poprečno zaokretanje i translaticiranje	32
7.5. GRAĐENJE DONJEG USTROJA	33
7.5.1. Monolitna izvedba.....	33
7.5.1.1. Rad u potpunoj oplati.....	33
7.5.1.2. Rad u prijenosnoj (sektorskoj) oplati	34
7.5.1.3. Rad u kliznoj oplati	34
7.5.2. Montažna izvedba	34
8. ZADATAK – UPRAVLJANJE PROJEKTOM IZGRADNJE MOSTA	
ORLJAVA U KM 4 + 923.94	35
8.1. UVOD	35
8.2. TEHNIČKI OPIS.....	35
8.3. DINAMIČKI PLAN.....	36
8.4. S-KRIVULJA TROŠKOVA	37

8.5. STRUKTURNA RAŠČLAMBA PROJEKTA	38
8.6. ORGANIZACIJSKA RAŠČLAMBA PROJEKTA.....	38
9. PRILOZI.....	39
9.1. PRILOG 1: GANTOGRAM.....	39
9.2. PRILOG 2: S-KRIVULJA TROŠKOVA	40
9.3. PRILOG 3: WBS.....	41
9.4. PRILOG 4: POVEZIVANJE WBS-A I OBS-A	42
10. ZAKLJUČAK	43
11. LITERATURA.....	44

1. UVOD

Svaki građevinski projekt je unikatan proces sastavljan od velikog broja faza, koordiniranih i kontroliranih aktivnosti i postupaka sa određenim ciljem u skladu sa specifičnim zahtjevima i ograničenjima u vremenu, troškovima i resursima. Za realiziranje takvog projekta razvijen je koncept poznat pod imenom „upravljanje projektom“.

Upravljanje projektom je korištenje znanja, vještina, tehnika i alata s ciljem ostvarivanja ili prekoračivanja potreba i očekivanja naručitelja projekta. Bavi se planiranjem, rukovođenjem i kontrolom aktivnosti, manipuliranjem interaktivnih resursa, upravljanjem sudjelujućim podsistemima i provođenjem sistema projekta iz početnog u željeno stanje na najefikasniji način. Zbog takvog pristupa voditelj projekta ne može biti samo stručnjak u svom području nego mora posjedovati široko znanje i vještine kako bi mogao aktivno upravljati [3, 5].

2. OPĆENITO O UPRAVLJANJU PROJEKTIMA

2.1. Pojam projekta

Sve su definicije, a ima ih puno, rezultat nekog dogovora. Prema ISO 10006, projekt je unikatan proces koji se sastoji od skupa koordiniranih i kontroliranih aktivnosti s početkom i krajem, poduzet da postigne cilj u skladu sa specifičnim zahtjevima, uključujući ograničenja u vremenu, troškovima i resursima. Razlikuje se od standardnih procesa jer je svaki projekt unikatni, pojedinačni i nerepetitivni pothvat. Projekt je:

- složen
- jedinstven i neponovljiv
- poslovni pothvat
- rizičan i neizvjestan
- unutar ograničenja: vrijeme, troškovi, resursi
- ima cilj [1, 3].

2.2. Vrste projekata

Postoje različite podjele ovisno o primijenjenim kriterijima. Svaka podjela nam omogućuje sagledavanje cjeline na drugi način.

Investicijskim projektom se realizira investicija – bilo kakvo ulaganje sa ciljem stjecanja profita. Orijentirani su na izgradnju raznih objekata ili postrojenja koji imaju društveni ili privredni značaj.

Glavne karakteristike ovih projekata:

- Složenost – sastoje se od više međusobno povezanih aktivnosti
- Dugotrajnost – trajanje se mjeri mjesecima, pa čak i godinama
- Velik broj sudionika – investitor, naručitelj, konzultanti, voditelj projekta, projektant, revident, nadzorni inženjer, glavni izvođač, podizvođači
- Visoka cijena – novčana sredstva se najčešće osiguravaju preko banaka, fondova i sl.
- Primjena specijaliziranog software-a za upravljanje projektima.

Znanstveno-istraživački i razvojni projekti su podgrupa investicijskih, ali se izdvajaju u zasebnu grupu zbog financiranja iz posebnih državnih fondova. Realizatori su im instituti ili visokoškolske ustanove. Sličan status imaju i *organizacijski projekti*.

Odnose se na restrukturiranje ili reorganizaciju poduzeća ili privrednih subjekata, na uspostavljanje sistema za upravljanje kvalitetom u nekoj organizaciji i slično.

Business projekti spadaju u posebnu grupu zbog bitnih razlika u svojim karakteristikama. Osnovne karakteristika ovih projekata su:

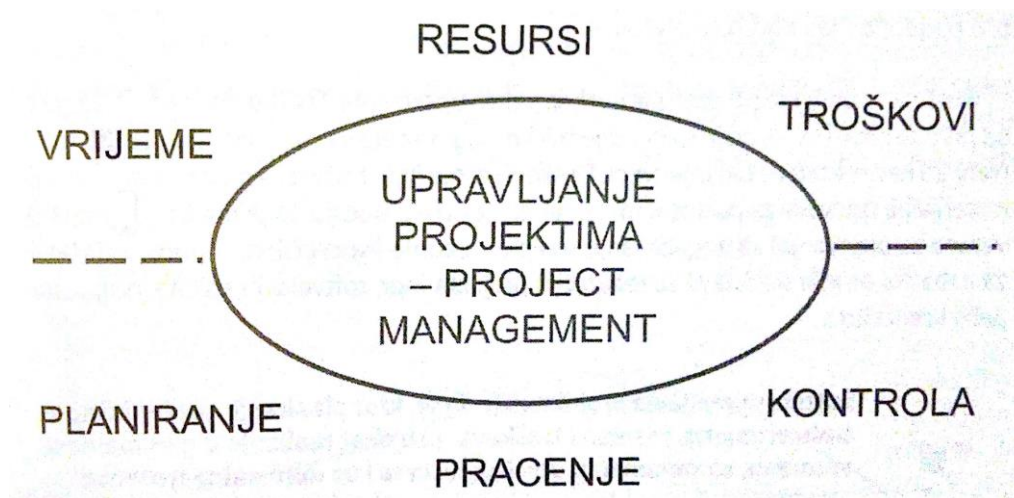
- Nisu složeni – mali broj aktivnosti koje su jednostavno povezane
- Kratkotrajnost – trajanje se mjeri satima ili danima
- Mali broj sudionika
- Niska cijena – osiguravaju se lokalno

Društveni projekti su podgrupa business projekata iako je neki smatraju potpuno zasebnom vrstom. Tu spadaju organizacije izložbi, koncerata, predstava, sportskih događanja i slično [1].

2.3. Suština upravljanja projektom

Pod pojmom upravljanje projekata mislimo na sve organizacijske sposobnosti i vještine usmjerene ka ostvarenju ciljeva nekog projekta. Temeljna uloga upravljanja

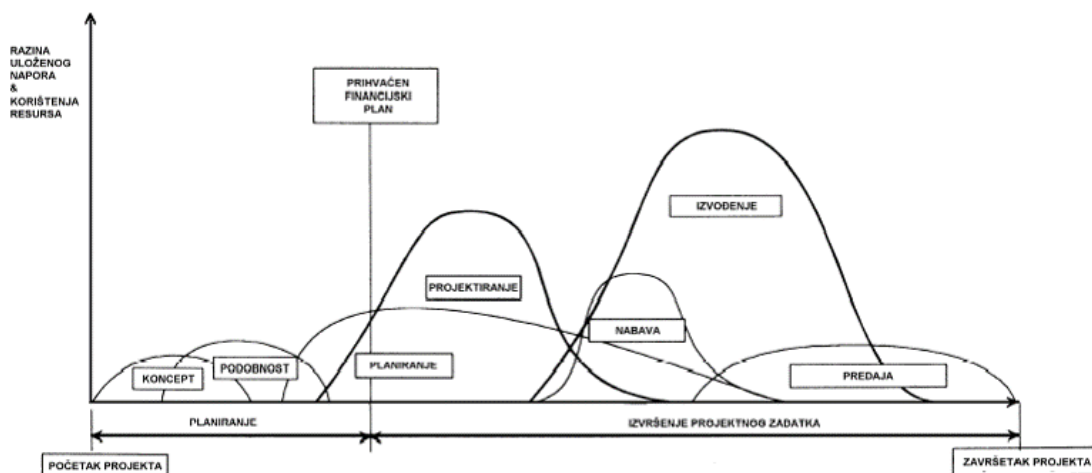
projektom je zadovoljavanje potreba zbog kojih je taj projekt uopće pokrenut. Kako bi projekt bio uspješan potrebno je odabrati što bolji skup procesa na bazi složenosti, veličine, rizika, raspoloživog vremena, iskustva sudionika projekta, dostupnosti resursa, dostupnih informacija i sl. Osnovni elementi koncepta upravljanja projektom su troškovi, vrijeme i resursi sa jedne strane, a planiranje, praćenje i kontrola sa druge. Iz toga proizlazi da je sama bit upravljanja projektom pokušaj da se planiranjem, praćenjem i kontrolom troškova vremena i resursa projekt izvrši u najkraćem vremenskom roku koristeći minimum resursa uz najjeftiniju cijenu [5].



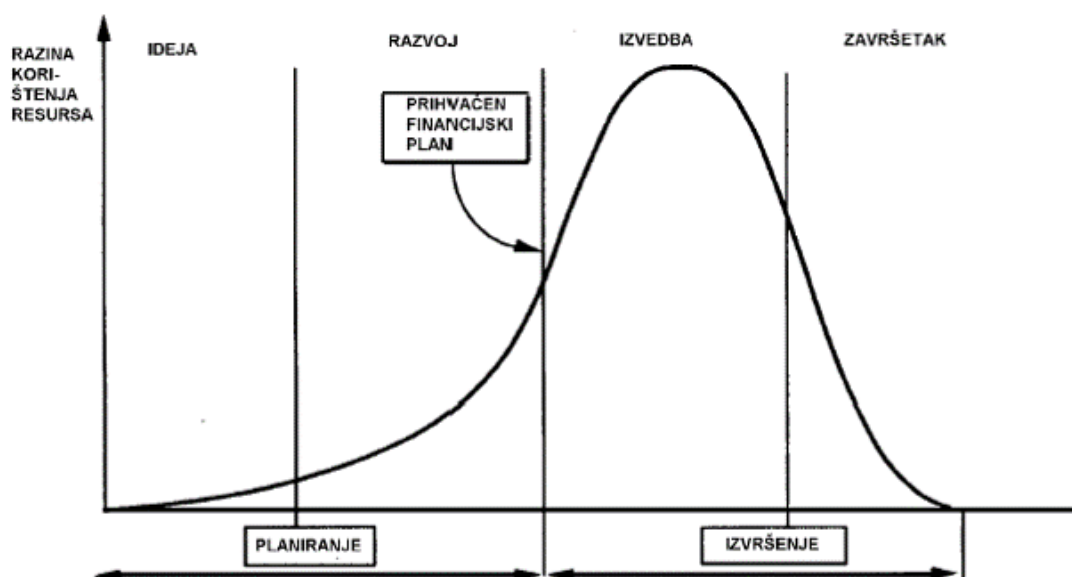
Slika 1: Upravljanje projektom - projektni menadžment [1]

2.4. Životni ciklus projekta

Pojam životnog ciklusa projekta zapravo predstavlja vremenski period kroz koji prolazi projekt od njegovog početka do njegovog kraja. Razlikuje se od projekta do projekta, ali je koristan za razbijanje cjelokupnog projekta na manje cjeline kako bi s njima lakše upravljali. Projekt prolazi kroz nekoliko faza u okviru kojih se odvijaju sve potrebne aktivnosti tj. iskorištavaju resursi, a u pravilu se završavaju kompletiranjem određene isporuke ključne za tu fazu – milestone ili prekretnica. Svaka faza ima svoj komplet dokumentacije kako bi se ustanovila željena razina kontrole upravljanja [3,5].



Slika 2: Dinamika životnog vijeka projekta [3]



Slika 3: Odnos troškova i životnog vijeka projekta [3]

Faza koncipiranja počinje idejom i usmjerena je na traženje rješenja za postojeći problem. Počinje i sastoji se od same ideje do planiranja i organiziranja. Sadrži predinvesticijske studije kojima se određuju ciljevi projekta, vremenski rokovi, efikasnost, ekonomičnost, mogućnost izvođenja, rizike i ograničenja. Donosi se investicijska odluka – milestone ove faze.

Faza definiranja služi za izradu modela projekta što koristi za izvođenje u stvarnosti. Model može biti izrađen grafički, tekstualno, brojčano ili digitalno. Izrađeni modeli su zapravo projektna dokumentacija u koju spadaju glavni i izvedbeni projekt.

Faza izvršenja tj. građenje je fizička realizacija modela u stvarnosti. Početni milestone je potpisivanje ugovora sa izvođačem, a završni tehnički pregled i primopredaja objekta. To je faza koja traje najduže i troši najviše resursa. Treba dobro razraditi organizaciju građenja tj. međusobno povezati i odrediti građenje objekta u prostoru, vremenu i vrijednostima – odrediti prostor (organizaciju gradilišta), vrijeme (vremenski plan) i troškove (plan troškova). Definiranje i gradnja se u većini slučajeva preklapaju jer se dio organizacije građenja radi prije sklapanja ugovora, a izvedbeni projekti tek nakon zaključenja ugovora sa izvođačem [3].

3. PODRUČJA UPRAVLJANJA

3.1. Upravljanje ugovaranjem

Da bi se uopće došlo u priliku planirati realizaciju projekta, za njega se prvo treba izboriti. Treba se dobro razumjeti što naručitelj želi i s njim razriješiti sve nejasnoće. Mora se odrediti vrsta ugovora – važno je znati gdje leži odgovornost. Već na početku, svaka strana treba biti svjesna svojih mogućnosti. Mnogi elementi u izvršenju projekta zavise o načinu obavljanja faze ugovaranja, pa čak i njegov krajnji uspjeh [1].

3.2. Upravljanje ciljevima

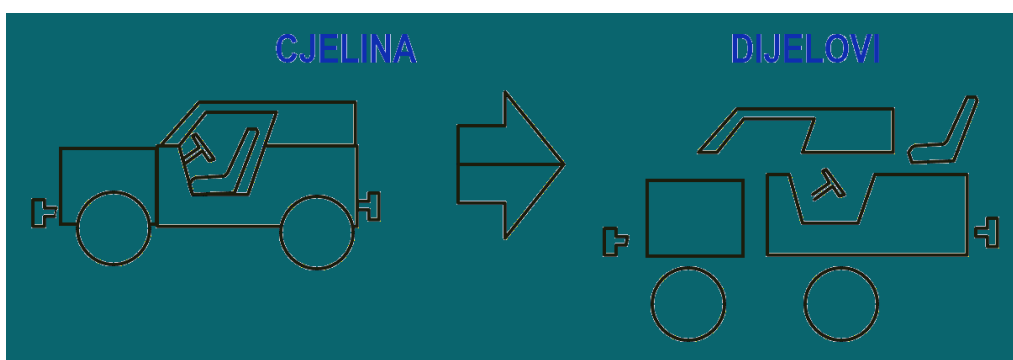
Na prvi pogled su ciljevi uvijek isti – uspješno izveden projekt od početka do kraja u planiranim rokovima, u okvirima raspoloživih resursa, u predviđenim troškovima i sa određenom kvalitetom. Međutim, svaki projekt je različit pa su tako različiti i prioriteti – vrijeme, resursi ili novac. Najvažnije je zapamtiti da je cilj upravljanja projekta jasan i promjenjiv što služi za donošenje odgovarajućih odluka [1].

3.3. Upravljanje opsegom

Pod opsegom mislimo prvenstveno na strukturu raspodjele posla koja se s vremenom može ili ne mora mijenjati, ali na kontroliran način. Omogućava točniju procjenu troškova, trajanja i resursa. Obuhvaća analizu sudionika projekta i njihovih

očekivanja. Ukratko, složen sustav se razlaže na manje, preglednije i lakše upravljive cjeline.

Postoji WBS (*Work Breakdown Structure*) što je razvijena struktura rada i odgovara na pitanje „što?“ te OBS (*Organization Breakdown Structure*) što je organizacijska struktura rada i odgovara na pitanje „tko?“ Projekt se rastavlja na podprojekte pa na cjeline do samih aktivnosti, a ako je potrebno i na same operacije unutar njih. Sam sadržaj je određen ciljanim produktom i rezultatom cijelog projekta [1,3].



Slika 4: Princip za WBS i OBS [3]

3.4. Upravljanje vremenom

Vrijeme, ili bolje rečeno, krivo procjenjivanje vremena je najčešći oblik odstupanja od planova projekta. Na kašnjenju mogu biti veliki gubici pa je upravljanje vremenom kao resursom jako važno. Često se čuju izgovori da se od „trokuta“ vrijeme-troškovi-kvaliteta smije birati samo dva i baš zbog toga se mora vremenu posvetiti dužna pažnja i početi radove na vrijeme.

Trajanje nekih aktivnosti se može predvidjeti, a kod nekih, zbog njihove prirode, ne. Kod takvih koristimo optimistično, najvjerojatnije i pesimistično vrijeme trajanja. Treba se i napomenuti da sve aktivnosti nisu na kritičnom putu, tj. direktno ne utječu sve na krajnji rok realizacije projekta – kritične aktivnosti trebaju biti u fokusu [1].

3.5. Upravljanje ljudskim resursima

Svaki projekt ovisi o ljudima koji ga vode i realiziraju. Sama bit upravljanja ljudskim resursima je znati točno koji i koliko ljudi je potrebno za provođenje određene dionice projekta – treba optimizirati njihov rad [1].

3.6. Upravljanje nabavom

Projekti zahtijevaju određena materijalna sredstva pa je stoga svrha upravljanja nabavom da ta ista sredstva budu na raspolaganju u pravo vrijeme, tj. onda kada su ona i potrebna. Proces nabave se unaprijed mora planirati i pokrenuti. Kašnjenja mogu dovesti do kašnjenja cijelog projekta i većim troškovima izvođenja. Nabava može biti u obliku kupovine, zajma ili rezervacija i korištenje opreme koju koriste i drugi [1].

3.7. Upravljanje troškovima

Troškovi projekta su ulaganja u projekt izražena u novcu i ne bi smjeli biti veći od raspoloživog budžeta. Elementi upravljanja troškovima su predviđanje, praćenje, analiza i izvještavanje o troškovima. Tu se podrazumijeva praćenje ljudskih i materijalnih resursa. Treba voditi evidenciju i o putnim troškovima radnika, troškovima uredskih zaliha, troškovima terenskog rada, troškovima potrebnih softwareskih paketa itd. Očito je da ima više različitih vrsta troškova i sa svima treba znati upravljati da bi se projekt u konačnici mogao izvesti na vrijeme sa traženom kvalitetom [1].

3.8. Upravljanje komunikacijama

Upravljanje komunikacijama zna pasti u drugi plan što rezultira greškama koje mogu bitno utjecati i na troškove, i na vrijeme izvedbe, pa i na kvalitetu. Postoji dvije vrste komunikacije u projektu. Prva se odnosi na komunikaciju između ljudi, sudionika u projektu, a druga na uspostavljanje sistema za prijem, obradu, interpretaciju i razmjenu informacija o samom projektu. Kompliciranije je upravljati komunikacijom među ljudima – korisno je znati neke osnove ljudske psihologije.

Sve češće se počinjemo susretati i sa virtualnim timovima. To su timovi koji se ili rijetko ili uopće ne susreću uživo jer rade na različitim lokacijama. Komunikacija se odvija preko interneta i posebnih softwera kao što su Skype, Google+ Hangouts, GoToMeeting, ClickMeeting i sl.[1,3].

3.9. Upravljanje kvalitetom

Cilj upravljanja kvalitetom je prvenstveno osigurati određeni stupanj garancije da će rezultat zadovoljiti zahtjeve naručitelja. Važno je ne odstupiti od propisanih standarda kvalitete. Mjera u kojoj smo zadovoljili zahtjeve, potrebe i očekivanja se zove mjera kvalitete. Pošto kvalitetom upravljamo, moramo na nju gledati sa istog aspekta kao što bi gledali vrijeme, troškove ili resurse.

Kada govorimo o upravljanju kvalitetom, govorimo o dva procesa: osiguravanje i kontrolu kvalitete. Osiguravanje je preventivnog karaktera, ponajprije u vlastitoj organizaciji, usavršavanjem proizvodnih procesa. Preskupo je, i vremenski i novčano, dopustiti si nastajanje ili još gore reproduciranje i širenje grešaka.

Jedan od najbitnijih načina osiguravanje kvalitete je revizija kvalitete što je zapravo strukturirani pregled aktivnosti sa ciljem poboljšanja u trenutnim ili budućim projektima.

Glavna razlika između starih i novih sustava za osiguravanje kvalitete je u tome što su stari sustavi bili usmjereni na detekciju grešaka, dok su novi usmjereni na njihovu prevenciju [5].

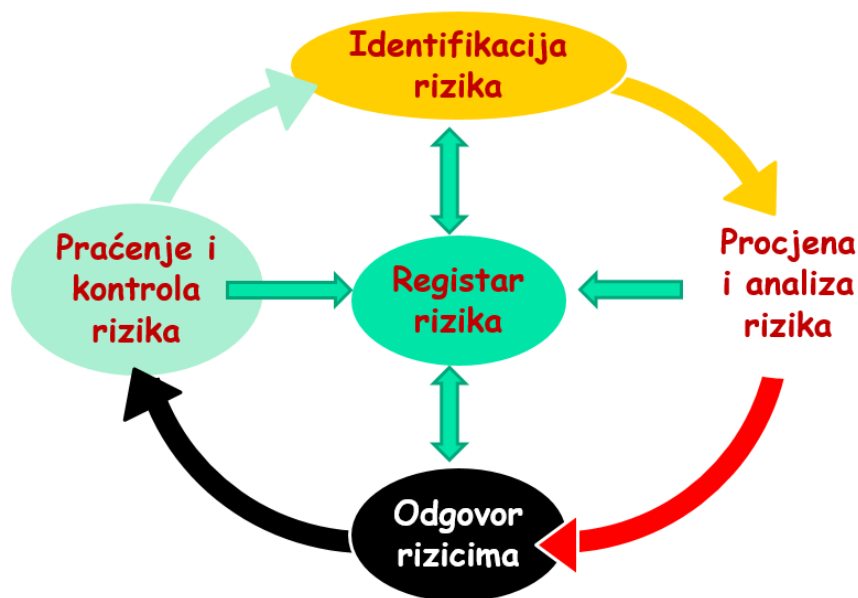
3.10. Upravljanje rizikom

Rizik je stupanj podložnosti vjerojatnim nepovoljnim događajima te je kombinacija neizvjesnosti i izloženosti. Za njih se treba pripremiti, preuzeti aktivnu ulogu. Zbog toga je razvijeno posebno područje u upravljanju projektima koje se bavi specifično rizicima.

Upravljanje rizikom se svodi na tri glavna elementa:

- IDENTIFIKACIJA: Govori što nam točno može ugroziti projekt. Za to se koristi nekoliko alata: revizija dokumentacije, tehnike skupljanja informacija, liste provjere, analiza zaključka temeljena na prošlim projektima i tehnika dijagrama.
- ANALIZA: Govori o tome kako već identificirani rizici mogu utjecati na projekt. Koriste se ili kvantitativne ili kvalitativne metode. Kvantitativne određuju veličinu rizika u jedinicama troškova ili vremena, a kvalitativne procjenjuju rizik u relativnim veličinama.

- **ODGOVOR:** Utvrđivanje najbolje reakcije s ciljem izbjegavanja rizika, smanjivanja nesigurnosti, smanjivanja moguće štete, prijenosa rizika, preuzimanjem rizika ili odgovora za posebne slučajeve [3].



Slika 5: Upravljanje rizicima [3]

4. SUDIONICI PROJEKTA

Uloga svih sudionika projekta je zajednički rad na ostvarenju ciljeva projekta. Svi imaju svoje obveze i odgovornosti preuzete potpisivanjem ugovora, a one se propisuju zakonima i propisima. Bitno je imati planove koji će povezivati sve sudionike i usklađivati njihov zajednički rad. Treba obratiti pažnju ako neki od sudionika ne pridonosi dovoljno zajedničkom radu nego u prvi plan stavlja vlastite interese [2].

Sudionici u projektu prema Zakonu o gradnji:

- Investitor (naručitelj)
- Projektant
- Revident
- Izvođač
- Nadzorni inženjer [3].

4.1. Investitor (naručitelj)

Investitor ima ulogu inicijatora projekta. Određuje ciljeve i očekuje korist od projekta. Može biti fizička osoba, organizacija ili više organizacija koje djeluju zajedno i u čije se ime gradi građevina. Projektiranje, kontrolu, građenje i stručni nadzor građenja mora povjeriti stručnim osobama kvalificiranim za obavljanje tih djelatnosti. Ako je investitor ujedno i izvođač, stručni nadzor građenja se mora povjeriti osobi da ne bi došlo do konflikta interesa. Investitor je jedini sudionik koji mora biti prisutan u svim fazama projekta.

Investitor inicira projekt, donosi investicijsku odluku, probavlja financiranje (svojim ili tuđim sredstvima), osigurava zemljište, pribavlja dozvole (lokacijsku, građevinsku, uporabnu), nabavlja radove i usluge, preuzima građevinu, koristi građevinu i održava građevinu [3].

4.2. Projektant

Projektant je sudionik projekta koji se bavi izradom projektne dokumentacije, a bavi se kontrolom i nadzorom te pružanjem konzultantskih usluga investitoru i ostalim sudionicima. Ako u projektu sudjeluje više projektanata, odgovornost snosi glavni projektant – određuje ga investitor. Mora se pridržavati posebnih uvjeta u pogledu primjene materijala i konstrukcije (npr. tehnološki razlozi), diskrecije i sl. Idejni i glavni projekt radi projektant tehničke dokumentacije, a izvedbeni projekt radi ili projektant ili izvođač radova (ovisi o investitoru i ugovoru) [6].

Prema članku 51. Zakona o gradnji (NN 153/13):

- projektant je fizička osoba koja prema posebnom zakonu ima pravo upotrebe strukovnog naziva ovlašteni arhitekt ili ovlašteni inženjer.
- Projektant je odgovoran da projekt koji je izradio ispunjava propisane uvjete, da je građevina projektirana u skladu s lokacijskom dozvolom, odnosno uvjetima za građenje građevina propisanim prostornim planom te da ispunjava temeljne zahtjeve za građevinu, zahtjeve propisane za energetska svojstva zgrada i druge propisane zahtjeve i uvjete.
- Projektant koji je izradio izmjene i/ili dopune glavnog projekta, odnosno izvedbenog projekta odgovoran je za cijeli glavni projekt, odnosno izvedbeni projekt [3].

4.3. Revident

Revident je stručnjak, fizička osoba, s ovlaštenjem ministarstva za obavljanje nadzora i kontrole nad projektima prema članku 61. Zakona o gradnji (NN 153/13). Ovlaštenje dobiva ovlašteni arhitekt ili ovlašteni inženjer građevinarstva sa minimalno deset godina iskustva na poslovima projektiranja [3].

4.4. Izvođač

Izvođač je sudionik koji je zadužen za izvođenje projekta. Može biti ili jedna ili više organizacija posloženi u raznim kombinacijama, ovisno o ugovoru sa naručiteljem.

Prava i dužnosti izvođača prema članku 54. Zakona o gradnji (NN 153/13):

- povjeriti izvođenje građevinskih radova i drugih poslova osobama koje ispunjavaju propisane uvjete za izvođenje tih radova, odnosno obavljanje poslova
- radove izvoditi tako da se ispune temeljni zahtjevi za građevinu, zahtjevi propisani za energetska svojstva zgrada i drugi zahtjevi i uvjeti za građevinu
- ugrađivati građevne i druge proizvode te postrojenja u skladu s ovim Zakonom i posebnim propisima
- osigurati dokaze o uporabljivosti ugrađenih građevnih proizvoda, dokaze o sukladnosti ugrađene opreme prema posebnom zakonu, isprave o sukladnosti određenih dijelova građevine bitnim zahtjevima za građevinu i od ovlaštenih tijela izdane dokaze kvalitete (rezultati ispitivanja, zapisi o provedenim procedurama kontrole kvalitete i dr.) za koje je obveza prikupljanja tijekom izvođenja građevinskih i drugih radova za sve izvedene dijelove građevine i za radove koji su u tijeku određena ovim Zakonom, posebnim propisom ili projektom,
- gospodariti građevnim otpadom nastalim tijekom građenja na gradilištu sukladno propisima koji uređuju gospodarenje otpadom
- sastaviti pisanu izjavu o izvedenim radovima i o uvjetima održavanja građevine [3].

4.5. Nadzorni inženjer

Nadzorni inženjer je osoba odgovorna za provjeru usklađenosti gradnje sa nacrtima, specifikacijama za radove i drugim ugovornim dokumentima (ako je tako ugovoreno

sa investitorom ovjerava količine radova i građevinske knjige, situacije za naplatu te odobrava naknadne i nepredviđene radove.

Prema članku 56. Zakona o gradnji (NN 153/13):

- Nadzorni inženjer je fizička osoba koja prema posebnom zakonu ima pravo uporabe strukovnog naziva ovlašteni arhitekt ili ovlašteni inženjer i provodi u ime investitora stručni nadzor građenja.
- Nadzorni inženjer, odnosno glavni nadzorni inženjer ne može biti zaposlenik osobe koja je izvođač na istoj građevini.

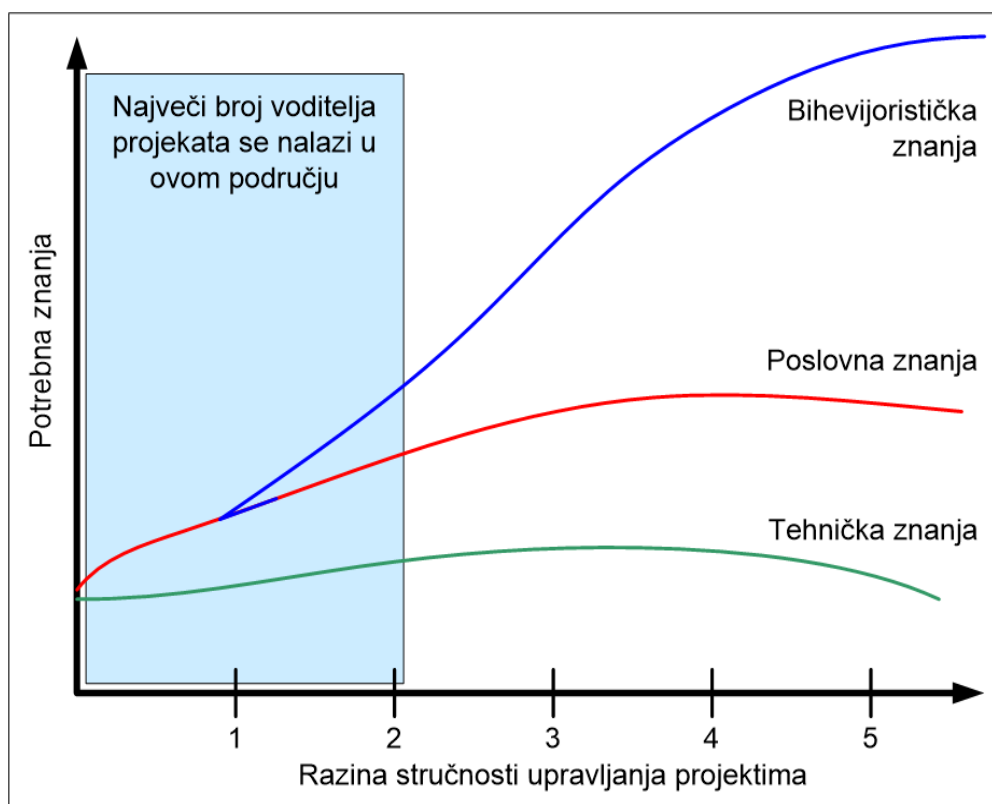
Dužnosti nadzornog inženjera u okviru stručnog nadzora:

- nadzirati građenje i osigurati da sve bude u skladu s rješenjem o uvjetima građenja, tj. građevinskom dozvolom, zakonom i propisima
- provjeriti je li građevina u svojim gabaritima i u svrsi svoje namjene u skladu sa lokacijskom dozvolom
- provjeriti je li iskolčenje obavila ovlaštena osoba
- provjeriti ispunjava li izvođač uvjete za obavljanje djelatnosti građenja propisane zakonom
- omogućiti provjeru kvalitete putem ovlaštene osobe
- upoznati investitora sa svim uočenim nedostacima i/ili nepravilnostima prilikom građenja, te obavijestiti i investitora i inspekciju o poduzetim mjerama
- izraditi završni izvještaj o izvedbi građevine [3].

4.6. Voditelj projekta

Najčešće se misli da voditelj projekta mora biti osoba koja poznaje tehnički aspekt projekta. Za to postoje određeni i valjani razlozi jer je teško zamisliti voditelja projekta koji taj projekt ne razumije ni na osnovnoj razini. Neki čak smatraju da voditelj mora biti specijalist discipline samog projekta. Međutim, voditelju projekta samo znanja iz svoje struke nisu dovoljna za kvalitetno vođenje projekta. Treba imati nešto znanja iz svih struka koje se pojavljuju na projektu. Upravljanje projektom je vještina koja koristi različita područja znanja i razvoja kao što su: organizacijske znanosti, teorija sistema, kibernetika, sociologija, informatičke znanosti, psihologija, bihevijorističke znanosti, specijalne tehničke znanosti itd. Kriteriji za dobrog voditelja projekta uključuju znanje (iz upravljanja projektima i tehnološka znanja), iskustvo (od

suradnje do vođenje projekata) i osobne karakteristike (stabilna ličnost, sklonost rukovođenju i radu s ljudima, ambicioznost i entuzijizam, energičnost) [1,3].



Slika 6: Struktura znanja voditelja projekata [3]

Voditelj projekta mora biti generalist, a ne specijalist! On ne rješava probleme, on stvara mogućnosti za njihovo rješavanje u interesu ostvarivanja ciljeva projekta i pomaže u njihovoj provedbi. Ako voditelj projekta učestvuje na projektu kao specijalist za svoju disciplinu, ne smije si dopustiti koncentraciju na samo svoje područje zbog opasnosti zanemarivanja problema sa ostalih dijelova projekta. Uloge voditelja projekta:

- integrator
- komunikator
- vođa tima
- donositelj odluka
- kreator atmosfere [1].

4.7. Ostali indirektni sudionici

Indirektni sudionici na projektu uobičajeno nemaju ugovornih odnosa sa investitorom, ali i oni utječu na ostvarene ciljeve projekta. Pod indirektne sudionike ubrajamo:

- organe uprave
- inspekcije
- organe vlasti
- političke organizacije
- sindikate
- institucije za kontrolu kvalitete
- osiguravatelje [3].

5. PLAN I PLANIRANJE

Plan je pisani dokument koji u vremenu prikazuje raspored izvođenja svih aktivnosti i korištenja svih resursa s pripadajućom dinamikom troškova. Postoje pet temeljnih pitanja, poznatijih kao „5W“ na koja svaki plan mora imati odgovor:

- What?
- When?
- Who?
- Where?
- Why?

Svaki plan mora biti:

- Potpun – uključeni svi radovi potrebni za izvršenje projekta
- Pregledan – čitljiv i lako razumljiv korisnicima
- Dinamičan – lagano promjena plana u slučaju odstupanja
- Legitiman – formalno prihvaćen od svih sudionika projekta
- Realan – s obzirom na raspoložive informacije, u izradi plana su korišteni realni ulazni podaci i izvodiva rješenja [2].

Planiranjem se organizira rad, alociraju i koordiniraju sve aktivnosti i resursi, utvrđuje odgovornost sudionika, organizira komunikacija među sudionicima projekta, vrši kontrola, procjenjuje vrijeme završetka, rješavaju neočekivani događaji, kontroliraju troškovi i sl. Bez efikasnog i efektivnog planiranja, na većim projektima pogotovo,

nastaje kaos. Planiranje i kontrola su u ciklusu i ne može ih se razdvojiti. To je kontinuirana aktivnost [3].



Slika 7: Cilj planiranja, upravljanje varijablama, uz zadanu kvalitetu proizvoda i sigurnost ljudi [2]

Glavni cilj planiranja je analiza, usklađivanje i upravljanje troškova, vremena, resursa i rizika. Kroz planiranje se pokušava dobiti se najpovoljniji odnos ove četiri varijable, uz uvjet da budu u skladu s prioritetima projekta [2].

5.1. Podjela planova

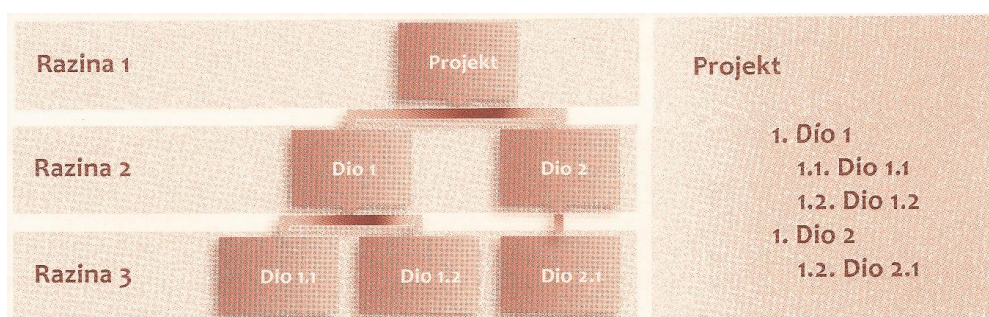
Svaki pojedinačni projekt ima svoj unikatni plan koji varira ovisno o raspoloživim resursima i njegovoj namjeni. Postoji više kriterija za podjelu planova, a najviše se dijele prema:

- Kriteriju vremena:
 - Statički – prikazuju samo ukupne podatke za određeno razdoblje
 - Dinamički – prikazuju podatke o svakoj aktivnosti (omogućuje kontrolu u bilo kojem trenutku)
- Načinu prikaza podataka:
 - Brojčani – brojčanim vrijednostima tablicama.
 - Grafički – grafikom koja može sadržavati i brojčane podatke. Dijelev se na linijske i mrežne.
- Stupnju razrađenosti:
 - Ključni međurokovi (milestones) i strateški planovi
 - Osnovni (master) planovi
 - Pregledni (ponudbeni ili ugovorni) planovi
 - Operativni (detaljni) planovi
 - Dnevni planovi [2]

5.2. Struktura plana

5.2.1. Strukturna raščlamba projekta (WBS)

WBS (Work Breakdown Structure – strukturna raščlamba projekta) je alat za grafički i/ili tekstualni prikaz raščlambe projekta na sve jednostavnije komponente po razinama sa svrhom učinkovitijeg planiranja, praćenja i kontrole. Ne postoji univerzalan način izrade WBS-a za sve projekte nego to najviše ovisi o voditelju projekta i njegovoj viziji izvođenja [2].



Slika 8: Grafički i tekstualni prikaz WBS-a [2]

Koraci pri izradu WBS-a:

- Prikupljanje podataka za izradu WBS-a (sadržaj projekta, slijed rada, informacije od naručitelja, podaci o raspoloživim resursima, opći podaci)
- Odabir metode podjele (vrsta WBS-a)
- Način označavanja i kodiranja
- Određivanje broja razina detaljnosti
- Izrada strukture WBS-a
- Integracija WBS-a i OBS-a [2,3]

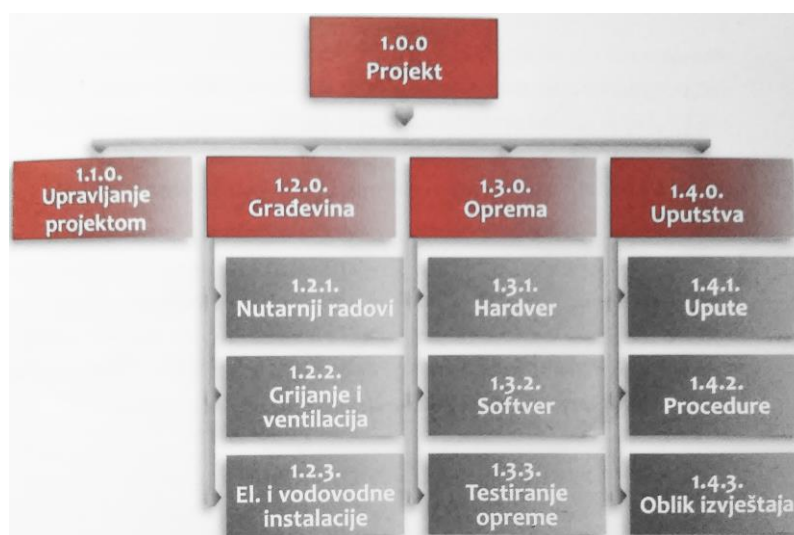
Svaka komponenta u WBS-u mora biti:

- Upravljiva – određivanje odgovorne osobe
- Ovisna – jasna vertikalna povezanost s komponentama više i niže razine
- Integrabilna – sve komponente zbrojene po razinama čine cjelokupan projekt

- Mjerljiva – mora imati mogućnost mjerenja zbog ocjene napretka izvršenja [2].

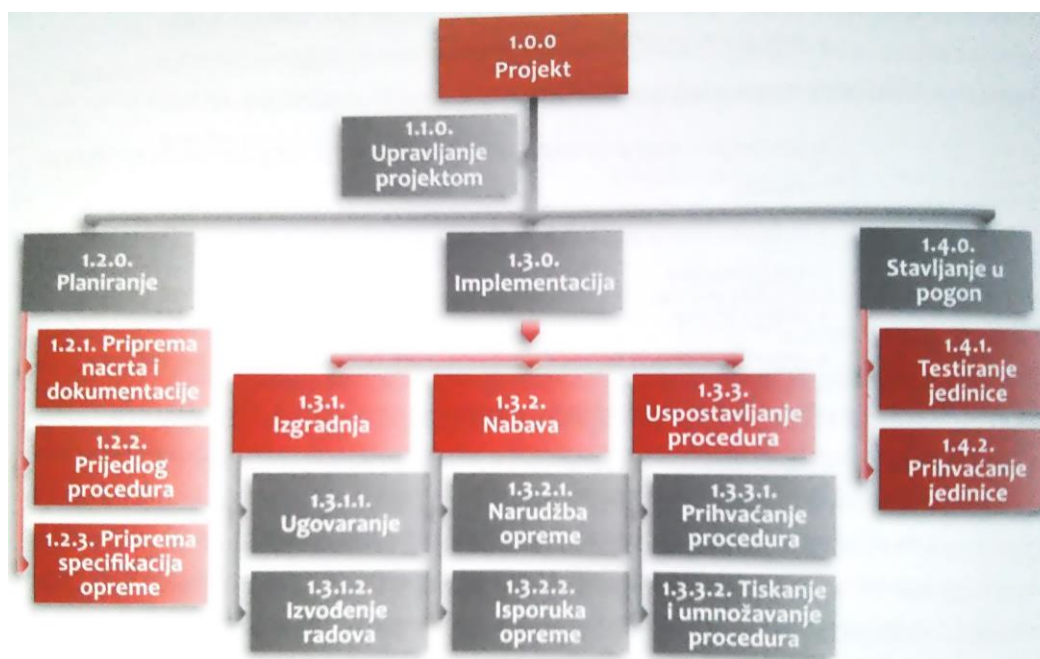
Najčešće se razvija od najviše razine prema dolje, ali može i obrnuto u situacijama novih projekata koje radimo po prvi puta bez prethodnih iskustava. WBS može biti podijeljen na više vrsta po svojim ključevima podjele: objektno – fizička, funkcionalno – procesna, organizacijska – ugovorna, vremenski – planska. U praksi se najčešće susrećemo sa objektno i funkcijski orijentiranim WBS-om.

Objektna podjela dijeli projekt na fizičke cjeline: na podprojekte, a onda i na manje dijelove (npr. dijelovi zgrade, dionice ceste, vrste radova i sl.). Detaljnost podjele ovisi o namjeni: podjela ugovora, troškovnici, planiranje, rukovođenje, organizacija građenja itd. [2,3].



Slika 9: Objektno orijentiran WBS [2]

Funkcijski orijentiran WBS dijeli projekt prema procesima unutar vijeka projekta. Od faza do aktivnosti (izrada studija, teh. dokumentacija, dozvole, građenje, itd.) Koristi se u ranijim fazama planiranja i vođenja projekta. [2,3]



Slika 10: Funkcijski orijentirani WBS [2]

5.2.2. Organizacijska struktura projekta (OBS)

OBS predstavlja organizacijsku strukturu, tj. Strukturu upravljanja projektom. Daje nam uvid u raspodjelu odgovornosti po komponentama. Kombiniranjem OBS-a s WBS-om povezuju se dijelovi sadržaja projekta s upravljačkim ulogama i odgovornostima te izvršiteljima [2].

Organizacijska struktura se sastoji od:

- Organizacije materijalnih resursa
- Organizacije ljudskih resursa
- Raščlanjivanja zadataka (dekompozicija glavnih procesa)
- Organizacije upravljanja
- Organizacije vremenskog redoslijeda poslova [3]

Elementi organizacijskih struktura:

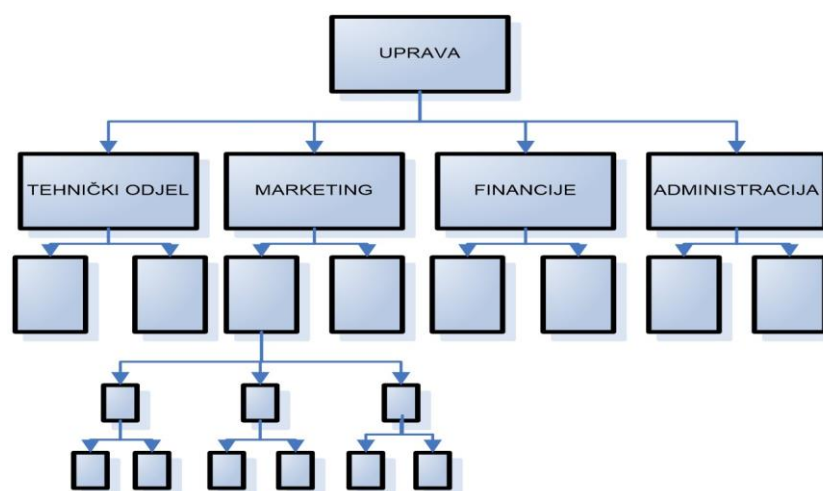
- Poduzeće (sastav i uvjeti rada)
- Sredstva i predmet rada (tehnologija i prostorni razmještaj)
- Poslovi (rašćlanjivanje i organizacija)
- Radna mjesta
- Povezanost sudionika [3]

Načini izgradnje organizacijske strukture:

- Odozgo prema dolje (top down)
- Odozdo prema gore (basis upward)
- Bipolarno (istovremeno i odozgo i odozdo)
- Strategija klina (sa srednjih razina menadžmenta)
- Više jezgri (sa različitih razina i dijelova poduzeća) [3]

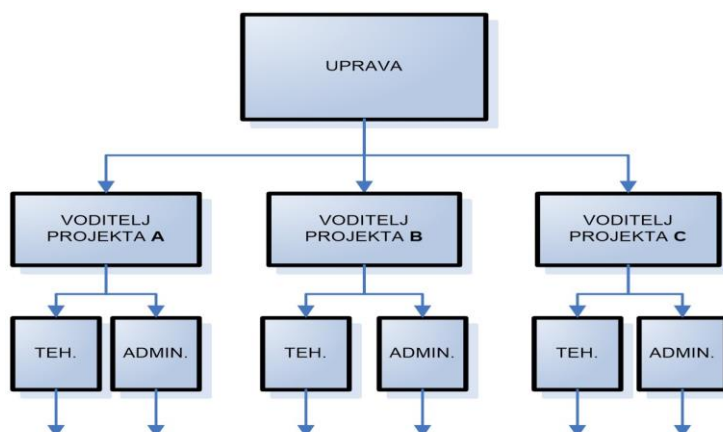
Organizacijska shema je grafički prikaz svih dijelova organizacije i njihovih međusobnih veza, a osnovne vrste su:

- Funkcijska – sastavlja projektne timove od ljudi istog odjela



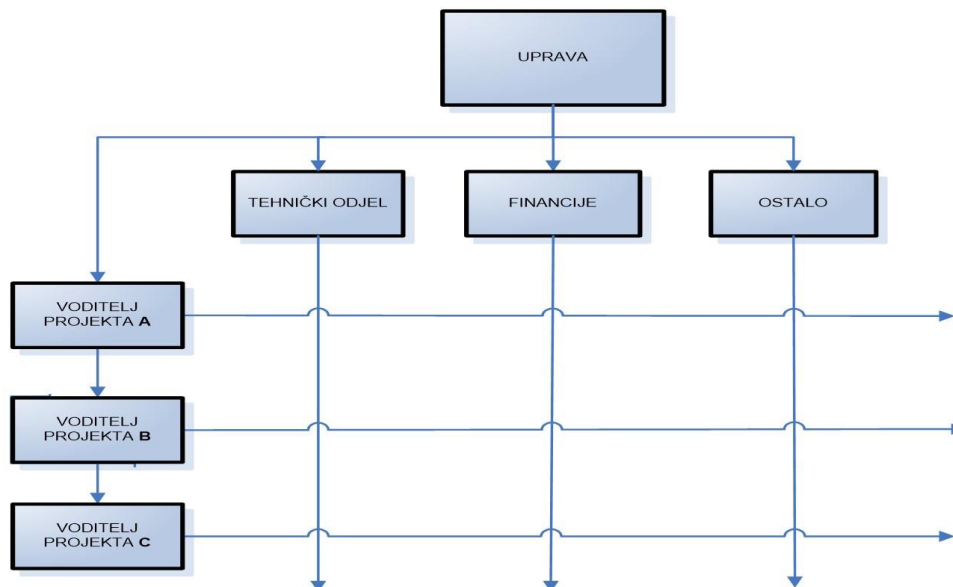
Slika 11: Funkcijska struktura [3]

- Projektna – formiranje odjela od većih grupa ljudi koji mogu samostalno funkcionirati. U velikim projektima.



Slika 12: Projektna struktura [3]

- Matrična – kada postoji mogućnost ili potreba povezivanja ljudi sa jednog odjela sa drugim projektom. Nakon obavljenog posla se vraćaju u svoje izvorne odjele. [3]



Slika 13: Matrična struktura [3]

5.3. Metode planiranja

Postoji više različitih metoda od kojih svaka na svoj način predložuje planove. Kako su projekti postajali sve složeniji, tako su se razvijale i metode. Cilj svake od metoda je prikaz poslova koji se moraju obaviti u okviru projekta u vremenskoj skali s prikazima korištenih resursa i novaca. Svaka metoda mora:

- biti jednostavna i lako razumljiva
- omogućavati vidljivu alternativu
- prikazivati planirano stanje: rad-vrijeme-novac
- prikazivati stvarno stanje: rad-vrijeme-novac
- prikazivati prognozu stanja: rad-vrijeme-novac
- omogućavati naknadno dodavanje detalja
- otkriti posljedice djelovanja rizika
- omogućavati izradu sumarnih podataka

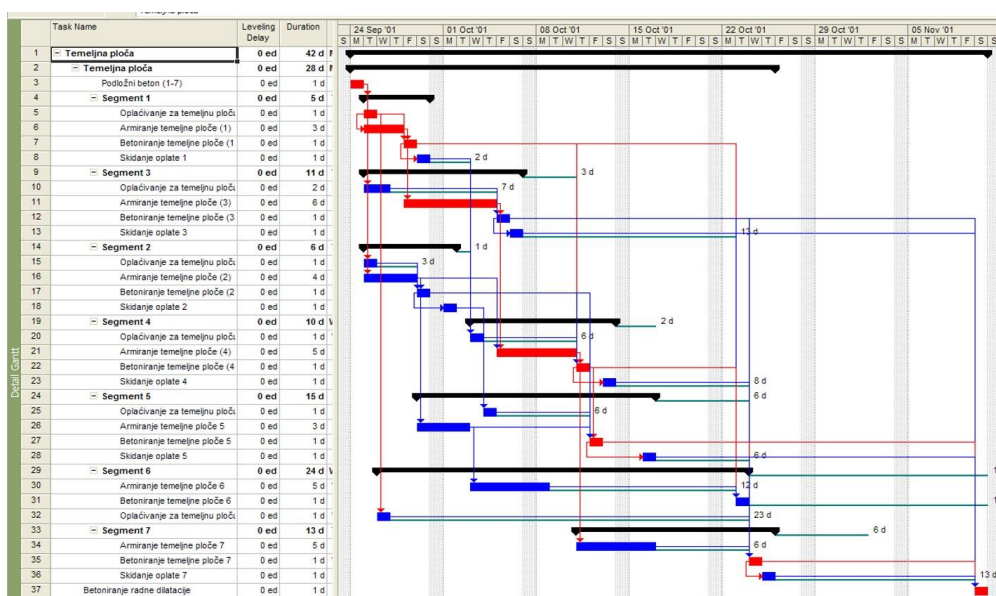
Najčešće se koriste grafičke metode planiranja sa uklopljenom numerikom zbog najlakše preglednosti. Dalje ih dijelimo na linijske, koje su starije i preglednije, te mrežne, koje su novije i pogodnije za složenije projekte [2].

5.3.1. Metode linijskog planiranja

Aktivnost se prikazuje pomoću linije čija su duljina ili nagib povezani s njenim trajanjem. Dije se na osnovne i pomoćne (prateće). Osnovne se koriste za prikazivanje vremenskog slijeda izvršenja aktivnosti, a pomoćne za dodatni prikaz pojedinih detalja ili podataka. Mogu se primjenjivati samostalno ali se najčešće uz jednu osnovnu koriste i druge pomoćne metode. Najpopularnije su gantogrami, ciklogrami i ortogonalni planovi. Najčešće pomoćne metode su histogrami i S-krivulje [2].

5.3.1.1. Gantogram

Raspored aktivnosti se prikazuje horizontalnim linijama duljine proporcionalne trajanju same aktivnosti. Sastoji se od dva dijela: tablice i grafike. Tablično se zapisuje popis aktivnosti i njihovi podaci (detaljno po potrebi), a grafički se prikazuje vremenska os i prikaz aktivnosti u vremenu. U grafičkom dijelu je moguće ubaciti i tekst [2].



Slika 14: Gantogram [3]

Prednosti:

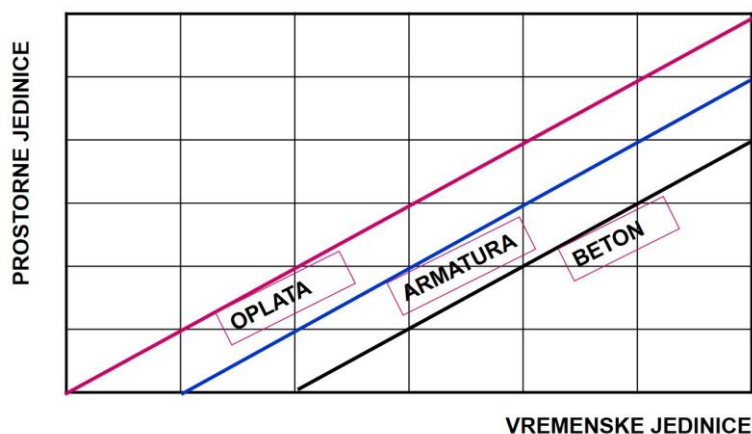
- jednostavnost za izradu i korištenje
- razumljivo i nestručnim ljudima
- jednostavno ažuriranje
- mogućnost izrade, obrade i čuvanja podataka na računalu

Nedostaci:

- ne prikazuje veze među aktivnostima
- ne upućuje na razliku u prioritetima izvršenja aktivnosti
- nema prikaza izvršenja iskazanog u količini rada [2]

5.3.1.2. Ciklogram

Koriste se pri planiranju cikličkih procesa. Ciklus je pravilna izmjena taktova (takt je osnovna jedinica taktnog sustava). Konstruira se u koordinatnom sustavu gdje je apscisa vrijeme, a ordinata mjesto rada (prostorna jedinica). Aktivnosti se prikazuju kosom linijom čiji je nagib brzina izvršenja. Ciklogram ima pravilo da se u jednoj prostornoj jedinici smije istovremeno izvoditi samo jedna operacija. U građevini, ciklogram se primjenjuje za objekte sa naglašenom jednom dimenzijom u odnosu na drugu, kod cikličkih procesa ili radnji te kod podijeljenosti objekta u više jednakih dijelova [2,3].



Slika 15: Ciklogram [3]

Prednosti:

- jednostavna grafika

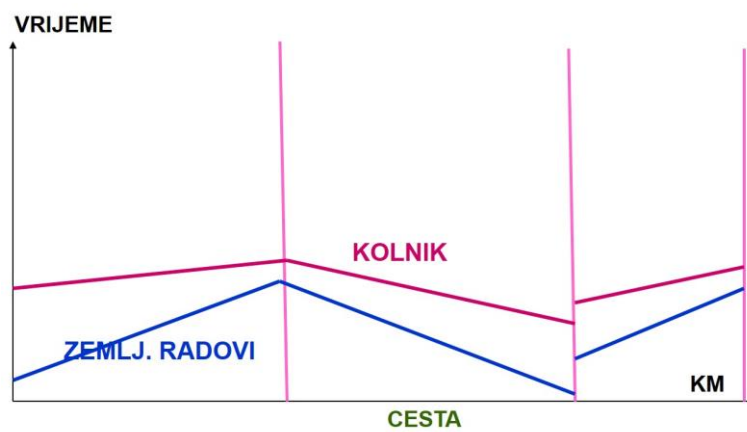
- pregled odnosa vrste, mjesta i vremena

Nedostaci:

- ne prikazuje veze među aktivnostima
- sve aktivnosti imaju jednak prioritet
- slaba preglednost kod većeg broja međusobno ovisnih aktivnosti [2]

5.3.1.3. Ortogonalni plan

Ova metoda osim vremenskog prikaza slijeda aktivnosti prikazuje i mjesto na objektu gdje se radovi izvršavaju – napredovanje rada u odnosu na prostorne jedinice objekta. Konstruira se u koordinatnom sustavu s dvije osi, gdje je na apscisi prikaz objekta (npr. stacionaža), a na ordinati vrijeme (ili obratno). Aktivnosti su predstavljene linijama, a trajanje se dobije projekcijom na vremensku os. Primjenjuju se kod linijskih objekata kao što su ceste, tuneli, željeznice, dugački vijadukti, vodovodi, kanalizacije, plinovodi, naftovodi, kanali, nasipi i sl. Prednosti i nedostaci slični kao i kod ciklograma [2,3].

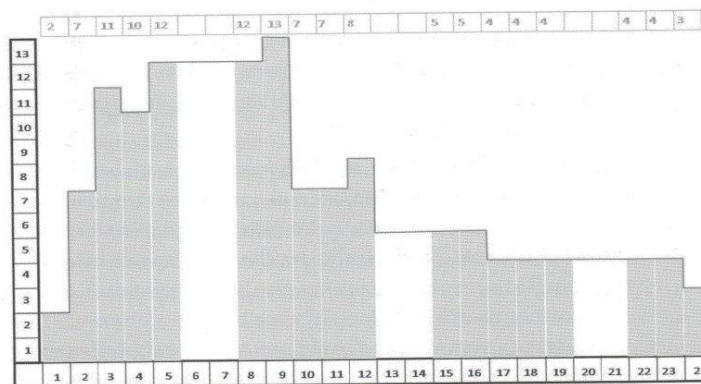


Slika 16: Ortogonalni plan [3]

5.3.1.4. Histogram

Koristi se za planiranje frekvencije ili praćenje promjena u resursima tijekom vremena. Jednostavna konstrukcija – na apscisi je vrijeme, a na ordinati broj određenog resursa koji se prati kroz vrijeme. Podaci se dobivaju direktno iz gantograma. Provjerom resursa po svakoj aktivnosti u određenim intervalima

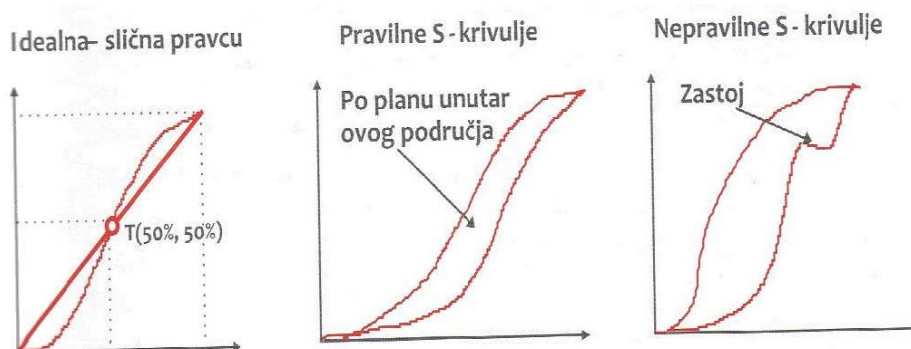
(najčešće dan) i njihovim zbrajanjem dobiva se linija koja prikazuje njegov broj tijekom vremena [3].



Slika 17: Histogram [3]

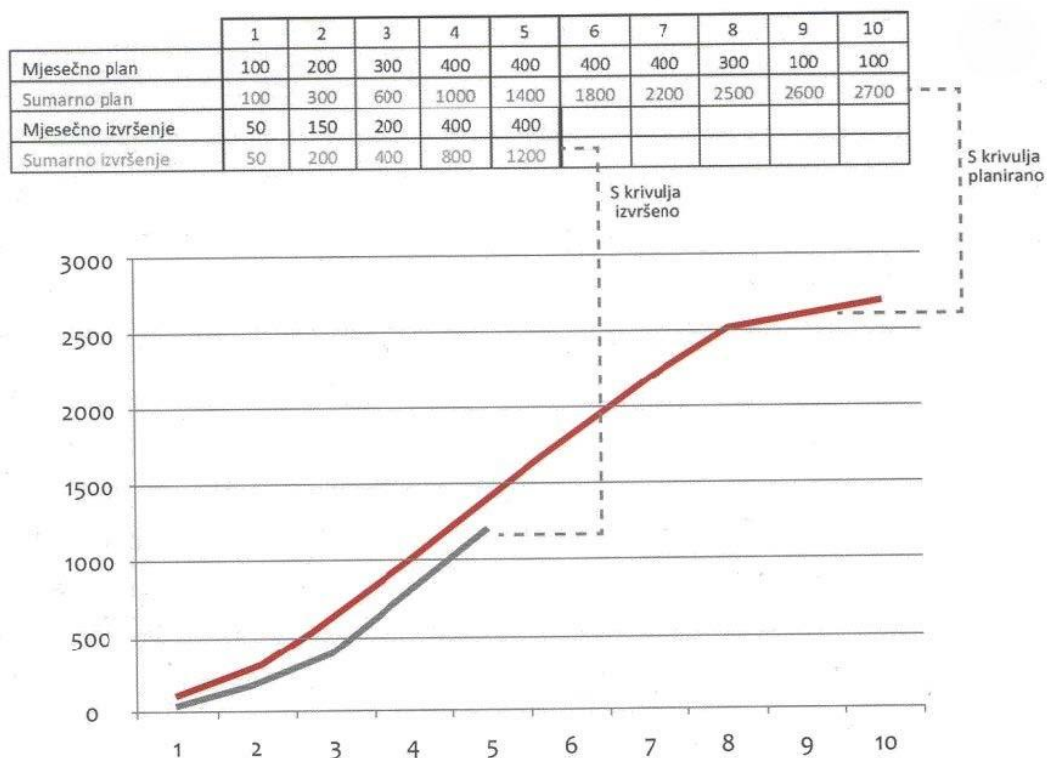
5.3.1.5. S-krivulja

Služi za prikazivanje sumarnih vrijednosti izabrane varijable u određenom intervalu. Ime je dobila po svojem obliku koji podsjeća na slovo S. Oblici joj mogu biti i pravilni i nepravilni – ovisno o prirastu tijekom vremena. Pravilne se formiraju oko pravca, a sjecište u točki 50/50 je idealno. Nepravilne krivulje mijenjaju svoju geometriju što ukazuje na velike promjene dinamike u vremenu.



Slika 18: Oblici S-krivulje [2]

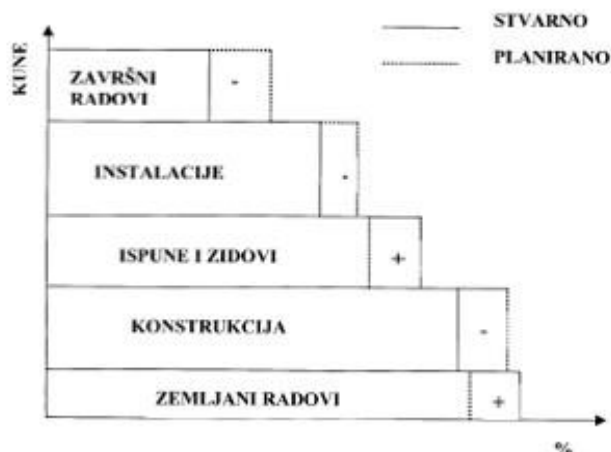
Krivulja se konstruira u dvije osi. Na apscisi se nalazi vrijeme (vremenski intervali), a na ordinati količina resursa koji se prati. U crtavaju se obje krivulje, krivulje planiranja i krivulje izvršenja – svaka po svojim podacima iz tablice. Ako se projekt izvršava točno po planu, krivulje će se poklapati [2].



Slika 19: Konstrukcija S-krivulje [2]

5.3.1.6. Linija balansa

Ovo je tehnika za statičko planiranje koja koristi u kontroli izvršenja u usporedbi s planiranim stanjem u točno određenom trenutku. Iako se primarno ne koriste u planiranju projekata, moguće ju je primijeniti na dijelovima gdje postoje elementi količinske proizvodnje. Plusevi pokazuju prebačaj, a minusi pobačaj u planu. Zbrajaju se plohe i vidi ukupno stanje [2,3].



Slika 20: Linija balansa [3]

5.3.2. Tehnika mrežnog planiranja (TMP)

Mrežni dijagram je grafičko-matematički model koji opisuje redosljed izvođenja radova u projektu. Sastoji se od čvorova povezanih strijelama ili linijama. Čvorovi predstavljaju događaj ili aktivnost (ovisno o metodi), a linije aktivnost-vezu ili vezu (ovisno o metodi) među događajima ili aktivnostima u planu. Podrazumijeva se orijentacija prema desno što podrazumijeva da je onda lijevi čvor uvijek prethodni, a desni sljedeći [2].

ES	Ta	EF
Opis aktivnosti		FF
LS	TF	LF

Slika 21: Čvorovi [7]

gdje je:

ES - najraniji početak aktivnosti (Early Start)

EF - najraniji završetak aktivnosti (Early Finish)

LS - najkasniji početak aktivnosti (Last Start)

LF - najkasniji završetak aktivnosti (Last Finish)

Ta - trajanje aktivnosti [7]

FF – free float (slobodna rezerva)

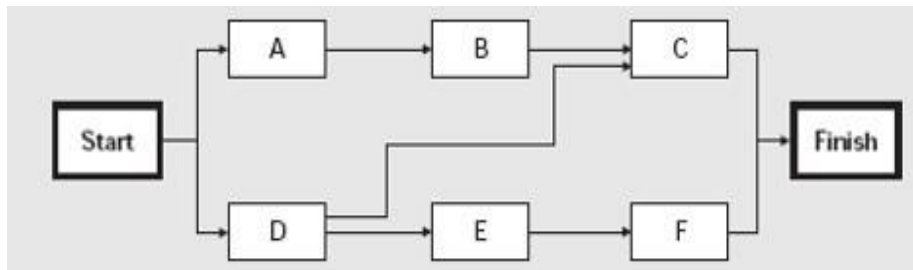
TF – total float (ukupna rezerva)

Kritični put – najduži slijed aktivnosti koji određuje ukupno trajanje projekta (nemaju vremensku rezervu) [3,7].

Mrežni planovi se izrađuju kroz četiri koraka:

1. Analiza strukture – izbor aktivnosti, redosljed i vrstu veza među njima, označavanje čvorova
2. Analiza vremena – određivanje trajanja aktivnosti (najvažnija procjena u mrežnom planu), računanje vremenskih rezervi, određivanje kritičnog puta, računanje ukupnog trajanja projekta
3. Analiza troškova – proračun planskih troškova i planiranu dinamiku troškova
4. Korelacija i optimizacija plana – konstantno prilagođavanje i ažuriranje podataka o resursima [2].

Najčešće vrste procjena su CPM (Critical Path Method) i srodna, danas popularnija PDM (Precedence Diagramming Method) koje su determinističke te PERT (Program Evaluation and Review Technique) koja je stohastička.



Slika 22: Mrežni plan [3]

CPM i PDM su metode koje deterministički proračunavaju trajanje aktivnosti. Čvorovi su aktivnosti, a linije su veze. Danas se uglavnom koristi PDM zbog uvođenja više vrsta vremenskih veza među samim aktivnostima i zbog toga su odnosi u projektima bolje modelirani. Veze mogu biti FS (finish-start), SS (start-start) i FF (finish-finish). Glavna prednost prioritetne metode je mogućnost grafičkog prikaza aktivnosti koje se preklapaju (sa povećanjem broja takvih aktivnosti ova prednost dolazi više do izražaja) [2,3].

PERT metoda se koristi kada zbog manjka informacija ili određenih neizvjesnosti ne možemo unaprijed odrediti trajanje aktivnosti. Koristi se statističkim podacima i analizama. Zbog tih neizvjesnosti kao rezultat se dobiva vjerojatnost određenog kritičnog puta (beta raspodjela). Za računanje očekivanog trajanja aktivnosti se koriste tri procjene trajanja: optimističko (najkraće), najvjerojatnije (pod normalnim uvjetima) i pesimističko (najduže). Zatim se redom računaju varijanca, standardna devijacija, z vrijednost (faktor vjerojatnosti) što se koristi za iščitavanje vjerojatnosti određenog slijeda aktivnosti iz tablice normalne distribucije [7].

6. RAČUNALNI PROGRAMI U UPRAVLJANJU PROJEKTIMA

Koriste se kako bi se rutinski dio posla izvršavao na što brži, točniji i jeftiniji način. Naglasak je na rutinski jer kreativni dio i dalje obavlja čovjek.

Računalni programi za planiranje projekta se pojavljuju u 70-im godinama prošlog stoljeća i od onda doživljavaju brzi razvoj – naročito od pojave osobnih računala.

Razvija se veliki broj programa za planiranje kao što su MS Project, Primavera,

Superproject, Asana, Basecamp, Procore i dr. S obzirom na veliki broj računalnih programa za planiranje, važno je znati njihov fokus te sve prednosti i mane da bi ga najlakše uklopili u potrebe svog poslovanja. Isto tako, nema smisla uvoditi najnaprednije sustave planiranja u sredine koje za to jednostavno nemaju uvjeta.

Najbitnije prednosti računalnog softvera u upravljanju projektima:

- Brza i točna obrada podataka
- Čuvanje podataka prošlih projekata i izrada njihovih baza podataka
- Brza izrada i testiranje više varijantnih rješenja
- Povezivanje više planova u sustav i izrada izvješća na razini sustava
- Moguća optimalizacija plana različitim postupcima
- Brza i jednostavna izrada raznih grafičkih i numeričkih izvješća.

U Hrvatskoj su trenutno najpopularniji MS Project i Primavera, ali postoje i programi koji pokrivaju određene funkcionalnosti (normativi, izrade troškovnika, vremensko planiranje i sl.) kao što je Gala koja je prilagođena specifičnostima hrvatskog graditeljstva [2].

U svijetu, 5 najpopularnijih programa specijaliziranih za upravljanje građevinskih projekata su (prema broju korisnika):

- Procore
- Aconex
- BuilderTREND
- Viewpoint
- Newforma [8].

7. GRAĐENJE MOSTOVA

7.1. Monolitna gradnja

Pod monolitnom gradnjom podrazumijevamo zidanje, lijevanje ili sastavljanje nosivog sklopa na skeli koja se pomiče ili odstranjuje tek kad konstrukcija sama može preuzeti njegovo opterećenje. Skele mogu biti fiksne, pokretne ili lansirne. To je najučestaliji način gradnje, pogotovo kod zidanih i betonskih mostova manjih do srednjih raspona. Kod većih raspona u nepristupačnim terenima je skelu

komplikiranije izvesti od samog mosta što bitno utječe na cijenu i ekonomičnost projekta [4].

7.2. Montažna gradnja

Osnovna prednost montažne gradnje je izrada elemenata ili čitavih dijelova konstrukcije u tvornicama gdje se postižu idealni uvjeti – bolja kvaliteta. Takav način proizvodnje može uvelike ubrzati gradnju. U isto vrijeme, element proizveden tvornički u seriji je jeftiniji od elementa proizvedenog na gradilištu, ali njega se treba dopremiti na mjesto ugradnje pa se mora posebno paziti na troškove i način transporta. Postavljanje nosača se na jednostavan način izvodi raznim vrstama dizalica. Skela ili nije potrebna ili je njena upotreba bitno smanjena, ali to znači i upotreba dodatne tehnologije za ugrađivanje montažnih elemenata. Mora se napomenuti da se gospodarski parametri kroz vrijeme mijenjaju. Radna snaga, čija je cijena prije gotovo neznatna, danas postaje sve skuplja – dovodi do promjene načina gradnje u kojoj se više oslanja na korištenje tehnologije sa što manje ljudskog rada kroz što kraće vrijeme. Dolazi do više varijacija i novih načina montažne gradnje. Standardizacija je otišla toliko daleko da se elementi uobičajenih tipovi mostova proizvode i skladište, da se ni ne zna kada i gdje će biti sastavljeni [4].

7.2.1. Ugrađivanje montažnih elemenata

Montažni nosači mogu biti proizvedeni na samom gradilištu ili u tvornicama. Proizvodnja na gradilištu se obično izvodi na trasi prometnice iza upornjaka ili ispod mosta, ovisno o praktičnosti same ugradnje. Transport i postavljanje nosača se ostvaruje posebnim prenosilima. Najjednostavnije su auto-dizalice i plovne dizalice. Vodene površine pružaju veliku nosivost plovnim dizalicama pa je moguća montaža čitavih rasponskih sklopova odjednom, a ne samo po pojedinim nosačima. Ujedno se povećava brzina građenja, što je s ekonomske strane jako prihvatljivo. Ako se nosači prenose kabelima, onda ih se ugrađuje segmentalno, po odsječcima. [4].



Slika 23: Podizanje rasponskog sklopa na mostu Øresund pomoću plovne dizalice

7.2.2. Polumontažna izvedba

Ovakvi postupci se najčešće koriste za gredne mostove do četrdesetak metara raspona. Razvili su se zbog funkcionalnih i trajnosnih problema u potpuno montažnim strukturama tj. u njihovim spojevima. Sastoje se od montažnih nosača rasponskog sklopa i monolitne kolničke ploče, te eventualno poprečnih nosača. Tako se zadržava jednostavnost i brzina građenja ali se i ostvaruje dodatna monolitnost čitave strukture. Postoje mnogi tipovi i oblici poprečnih presjeka prednapetih nosača – I presjeci, I presjeci s proširenom donjom pojasnicom, T presjeci, TT presjeci, V presjeci itd. Mnogi od njih su tipizirani, a neki i patentirani. Kod nas se najčešće koriste različiti I ili T presjeci oblikovani tako da im se gornje pojasnice skoro dodiruju. Kolnička ploča se zatim može izvoditi sa ili bez dodatne oplata, a poprečni nosači samo nad osloncima [4].

7.3. Slobodna konzolna gradnja

Slobodna konzolna gradnja je racionalan postupak građenja rasponskih sklopova različitih vrsta (grede, lukovi, okviri, razupore, ovješene strukture) bez skele u čitavom otvoru koji premošćuje. Može se izvoditi i montažno i monolitno. Gradi se konzolno od oslonaca prema sredini otvora – slobodna (konzolna) gradnja (njem. Freiborbau) [4].

7.4. Građenje metodama pomicanja i zaokretanja

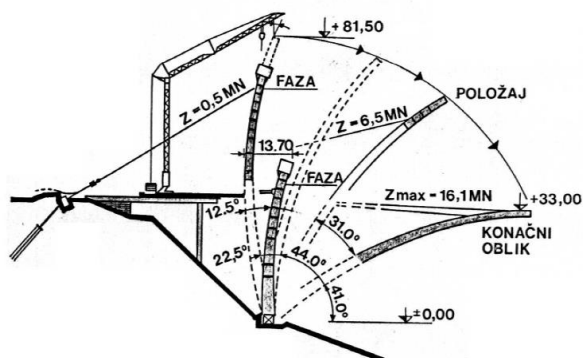
Razvojem tehnologije (hidrauličkih preša, dizala i dr.) otvaraju se nove mogućnosti izvođenja. Dijelovi ili čitavi rasponski sklopovi se mogu izvoditi na pogodnijem mjestu te se tek onda pomiču ili zaokreću u traženi položaj. Izbjegavaju se skele, ostvaruju se bolji uvjeti rada [4].

7.4.1. Potiskivanje ili uzdužno navlačenje

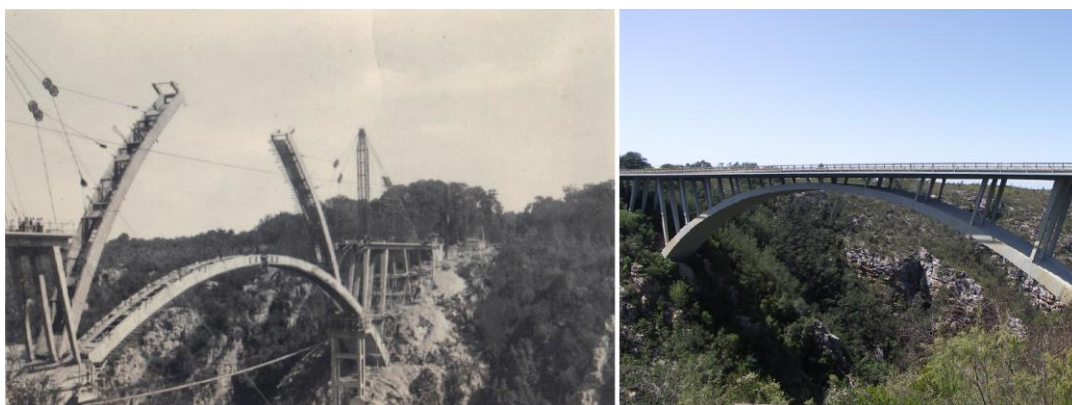
U ovom slučaju, koncept izvođenja se sastoji od toga da se na uređenom prostoru iza upornjaka betoniraju odsječci grede te se onda kroz odgovarajuće faze navlače ili potiskuju preko već izvedenih stupova. Razlika između potiskivanja i navlačenja je u načinu pomicanja nosača – potiskuje se prešama, a navlačiti se može pomoću posebnih vitala i užadi [4].

7.4.2. Zaokretanje polulukova

Ovdje je riječ o relativno novoj metodi pomoću koje je sagrađeno tek mali broj lukova raspona do 200m. Izvodi se na način da se na svakoj strani betonira po pola luka u vertikalnom položaju te se onda kroz nekoliko faza zaokreću prema tjemenu u konačni položaj [4].



Slika 24: Faze betoniranja i zaokretanja polulukova [4]



Slika 25: Paul Sauer most, Južna Afrika

7.4.3. Poprečno zaokretanje i translatiranje

Gradnja se odvija na obali, okomito na konačnu os mosta. Sve se zatim rotira za 90° (najčešće plovilima) i spaja u sredini raspona. Na ovaj način je moguće izvoditi gredne i ovješene mostove [4].



Slika 26: Zaokretanje Ben Ahin mosta, Belgija

7.5. Građenje donjeg ustroja

Izvođenje donjeg ustroja je raznoliko, s dosta poteškoća i zahtjeva dosta vremena. Promjenjivi terenski uvjeti prisiljavaju korištenje različitih metoda izvedbe. Uvjeti su jednaki samo u posebnim okolnostima unutar istog mosta. Različito se očituje u različitim djelovanjima, visinama i uvjetima temeljenja, a složenost i poteškoće proizlaze iz terena teške dostupnosti, temeljenja, rada pod vodom i pomaka oslonaca [4].

7.5.1. Monolitna izvedba

Stupovi i upornjaci se grade potpunoj, prijenosnoj i kliznoj oplati ili njihovim kombinacijama, pa čak i s djelomičnom montažnom gradnjom. [4]

7.5.1.1. Rad u potpunoj oplati

Koriste se kod donjih ustroja nižih visina s niveletama nisko nad terenom. Izvode se u odjednom izvedenoj oplati za punu visinu elementa – puna oplata. Sama oplata može biti drvena ili metalna. Prednost ovakvih oplata je preciznost njihovog izvođenja, tj. pravilnim ostvarenim oblicima. [4]

7.5.1.2. Rad u prijenosnoj (sektorskoj) oplati

Koristi se za izvedbu visokih stupova u sektorima 3-5m. Kako se te oplata pomiču ovisi o njihovim proizvođačima: klasične, hidraulične ili na elektromehanički pogon. Postupak se temelji na tom da se oplata oslanja na već izvedeni dio, u njoj betonira novi odsječak, a nakon što se stvrdne, oplata se pomiče u novi položaj. Moguće je svakodnevno izvesti po jedan odsječak. [4]

7.5.1.3. Rad u kliznoj oplati

Kod ovakvih se oplata betoniranje odvija bez prekida – oplata je cijelo vrijeme u pokretu određenom brzinom (3-5m/dan, a može i brže). Visina oplata je između 1 i 1.5m. Sama oplata mora biti glatka i blago nagnuta prema osi stupa. Sastoji se od cijeli, hidrauličkih uređaja za dizanje, metalnih jarmova, glatke oplata i radne platforme za armiranje i betoniranje. Beton bude rebrastog izgleda zbog različitih uvjeta rada danju i noću. [4]

7.5.2. Montažna izvedba

Prikladno za elemente manjih visina i u višekratnom opetovanju (npr. nadvožnjaci nad autocestama, obronački i dugi mostovi). Dimenzije su prilagođene mogućnostima prenosila i dizala. Trajnosni problemi se rješavaju tlačno napregnutim spojevima. [4]

8. ZADATAK – UPRAVLJANJE PROJEKTOM IZGRADNJE MOSTA ORLJAVA U km 4 + 923.94

8.1. Uvod

Na temelju idejnog građevinskog projekta izgradnje mosta Orljava u km 4 + 923.94 kao djela obilaznice Pleternica je izrađen dinamički plan izvođenja, strukturne raščlamba projekta WBS, organizacijska struktura projekta OBS te S-krivulja koja prikazuje tok troškova u vremenu. [9]

8.2. Tehnički opis

Predmet projekta je definiranje mosta Orljava u km 4+923.94 dionice državne ceste Pleternica – Lužani. Most je duljine 96.50 m od osi do osi upornjaka, tj. 109.17 m između krajeva krila. Sastoji se od četiri raspona koji se između oslanjaju na stupišta temeljena na pilotima. Ukupna širina rasponskog sklopa je 11.70 m. Kolnik se sastoji od dva prometna traka širine po 400 cm, rubnjaka širine 50 cm i hodnika širine 185 cm s obje strane kolnika. Nagib kolnika je jednostrešan i iznosi 2.5%.

Upornjaci se sastoje od temeljne grede i dva okomita krila. Oslonjeni su na tri AB bušena pilota $d=120$ cm i duljine 12 m ispod kote postojećeg terena (ukupne duljine 15.94 m kod U1 i 15.00 m kod U2). Piloti i naglavna greda izgrađeni su od betona C25/30. Rasponska konstrukcija se oslanja na naglavne grede upornjaka preko 2 neoprenska ležaja sa svake strane. Svako od 3 stupišta se sastoji od po dva okrugla stupa $d=150$ cm od betona C30/37 sa nepomičnim zaokretnim ležajevima na vrhu. Svaki stup se oslanja na svoj AB pilot $d=150$ cm duljine 15 m i izrađeni su od betona C25/30.

Statički sustav mosta je kontinuirana greda preko 4 raspona. Rasponski sklop se sastoji od šest predgotovljenih T nosača povezanih AB kolničkom pločom debljine 25cm i poprečnim nosačima nad upornjacima i stupištima. Glavni nosači se izvode od betona C40/50 konstantne visine 150cm. Prethodno se prednapinju nategama Y1860S7. Njihove duljine u krajnjim poljima su 18.95m, a u srednjim 26.50m. Poprečni nosači se izvode u dva dijela: donji dio visine 25cm i širine 220cm na koji se polažu glavni nosači te gornji dio visine 150+25cm i širine 15cm koji se betonira zajedno sa AB pločom istom kvalitetom betona.

Kolnička ploča se izvodi od betona C40/50. Veza sa glavnim nosačima se ostvaruje prijanjanjem i armaturom za sprezanje.

Hidroizolacija se izvodi cijelom širinom dobetonirane AB ploče bilo kojim važećim sustavom. Preko nje se povlači kolnički zastor iz dva sloja: habajući debljine 3.5 cm i bitumenizirani debljine 9 cm [9].

8.3. Dinamički plan

Dinamički plan, izrađen u računalnom programu MS Project 2016, je izveden u obliku gantograma (vidi Prilog 1) i mrežnog plana. Prikazane su aktivnosti s njihovim međusobnim vezama, vrijeme i troškovi.

Vrijeme se računalo iz zadanih aktivnosti (preuzetih iz OTU-a) troškovnika korištenjem normativa. U slučaju da je sama aktivnost bila previše složena, razbijala se na jednostavnije aktivnosti čije je trajanje bilo moguće računati preko normativa.

Koristile su se formule:

$$Ta = \frac{Q * Ns}{R * ts}$$

$$Ta = \frac{Q}{ts * Up * R}$$

$$ts = 8h/dan$$

Gdje su:

Ta – trajanje aktivnosti

Q – količina rada

Ns – normativ sata rada radnika

ts – broj radnih sati na dan

R – broj radnika ili strojeva u radnoj grupi

Up – učinak stroja

Troškove se računalo iz već zadane jedinične cijene te isčitavanjem količina iz nacrtu projekta.

#	WBS	Aktivnost	Vrijeme	Troškovi
1	1	Projekt mosta preko Orljave u km 4 + 923.94	132 dana	8,525,471.87 kn
2	1.1	Pripremni radovi	10 dana	22,002.47 kn
3	1.1.1	Iskolčenje i geodetski snimak	2 dana	5,500.00 kn
4	1.1.2	Čišćenje terena	8 dana	16,502.47 kn
5	1.2	Zemljani radovi	63 dana	686,117.09 kn
6	1.2.1	Strojni površinski iskup humusa	3 dana	64,175.09 kn
7	1.2.2	Izrada nasipa ispod naglavnih greda	8 dana	107,670.00 kn
8	1.2.3	Izrada klinova uz objekte	3 dana	44,352.00 kn
9	1.2.4	Izrada čunjeva nasipa i nasipa ispred naglavne grede upornjaka	17 dana	469,920.00 kn
10	1.3	Betonski radovi	92 dana	4,360,219.10 kn
11	1.3.1	Betoniranje podložnog sloja	1 dan	11,583.00 kn
12	1.3.2	Izrada i bušenje pilota	12 dana	510,300.00 kn
13	1.3.3	Izrada naglavnih greda pilota upornjaka i stupišta	10 dana	471,070.11 kn
14	1.3.4	Izrada krila i zidova upornjaka	8 dana	327,961.00 kn
15	1.3.5	Izrada stupova	7 dana	334,387.20 kn
16	1.3.6	Izrada prijelaznih ploča	1 dan	32,100.00 kn
17	1.3.7	Izrada istaka kvadera za postavljanje neoprenskih ležaja	1 dan	1,935.50 kn
18	1.3.8	Izrada predgotovljenih glavnih nosača	24 dana	1,492,516.50 kn
19	1.3.9	Izrada kolničke ploče	11 dana	708,369.60 kn
20	1.3.10	Izrada vijenca	5 dana	147,902.40 kn
21	1.3.11	Izrada rubnjaka	2 dana	51,624.00 kn
22	1.3.12	Zaštitni premaz hodnika i maski	1 dan	35,137.19 kn
23	1.3.13	Izrada poprečnih nosača	5 dana	235,332.60 kn
24	1.4	Čelik za armiranje	97 dana	2,013,156.43 kn
25	1.4.1	Dobava i ugradnja čelika za armiranje	25 dana	1,895,068.36 kn
26	1.4.2	Naknadno napinjanje	4 dana	118,088.07 kn
27	1.5	Ležajevi i dilatacijske naprave	54 dana	242,600.00 kn
28	1.5.1	Dobava i postavljanje neoprenskih elastičnih ležajeva	1 dan	80,200.00 kn
29	1.5.2	Dobava i ugradnja dilatacijskih naprava	1 dan	162,400.00 kn
30	1.6	Hidroizolacije	64 dana	641,974.33 kn
31	1.6.1	Hidroizolacija zatrpanih betonskih ploha	1 dan	27,293.16 kn
32	1.6.2	Pjeskarenje gornje površine kolničke plohe	1 dan	139,728.96 kn
33	1.6.3	Izrada jednoslojne hidroizolacije kolničke ploče	1 dan	183,093.12 kn
34	1.6.4	Zaštita hidroizolacije kolničke ploče asfaltbetonom BNS-16	2 dana	116,154.00 kn
35	1.6.5	Zaštita hidroizolacije kolničke ploče asfaltbetonom AB-16	2 dana	107,550.00 kn
36	1.6.6	Izrada lijevanog asfalta pješačke staze	1 dan	38,041.09 kn
37	1.6.7	Zapunjavanje reški između HI i betonskih rubnjaka	1 dan	13,981.50 kn
38	1.6.8	Ugradnja trake za vezu asfalta i rubnjaka	1 dan	16,132.50 kn
39	1.7	Ograde i oprema mosta	3 dana	273,393.00 kn
40	1.7.1	Izrada zaštitnih ograda za pješake	1 dan	81,738.00 kn
41	1.7.2	Izrada zaštitne ograde za vozila	1 dan	182,835.00 kn
42	1.7.3	Uzemljenje svih metalnih dijelova	1 dan	8,820.00 kn
43	1.8	Zaštita pokosa ispod mosta	6 dana	183,327.20 kn
44	1.8.1	Zaštita pokosa humusiranjem i zatravljivanjem	2 dana	66,880.00 kn
45	1.8.2	Zaštita pokosa ispod mosta	2 dana	99,540.00 kn
46	1.8.3	Polaganje netkanog geotekstila	1 dan	6,004.00 kn
47	1.8.4	Izrada uzdužnih i porečnih pragova	1 dan	10,903.20 kn
48	1.9	Završni i ostali radovi	3 dana	82,682.25 kn
49	1.9.1	Postavljanje cijevi od PVC-a za energetske i DTK vodove	1 dan	42,482.25 kn
50	1.9.2	Postavljanje mjernih repera	1 dan	2,700.00 kn
51	1.9.3	Ispitivanje probnim opterećenjem objekta	1 dan	37,500.00 kn
52	1.10	Tehnički pregled i primopredaja	1 dan	20,000.00 kn

Tablica 1: Tablični dio dinamičkog plana

8.4. S-krivulja troškova

S-krivulja (vidi Prilog 2), izrađena računalnim programom MS Excel, pokazuje tok novca prilikom izvođenja projekta. U ovom slučaju, sama krivulja nije standardnog oblika. Troškovi su izraženi u kunama (HRK), a vrijeme (zajedno sa neradnim danima) u danima.

8.5. Strukturna raščlamba projekta

WBS (vidi Prilog 3) je izrađen na temelju troškovnika, a prikazan koristeći računalni program MindView 6.0. Zbog složenosti aktivnosti preuzetih iz OTU-a, temeljio se na podjeli po vrstama radova.

Sastoji se od tri razine:

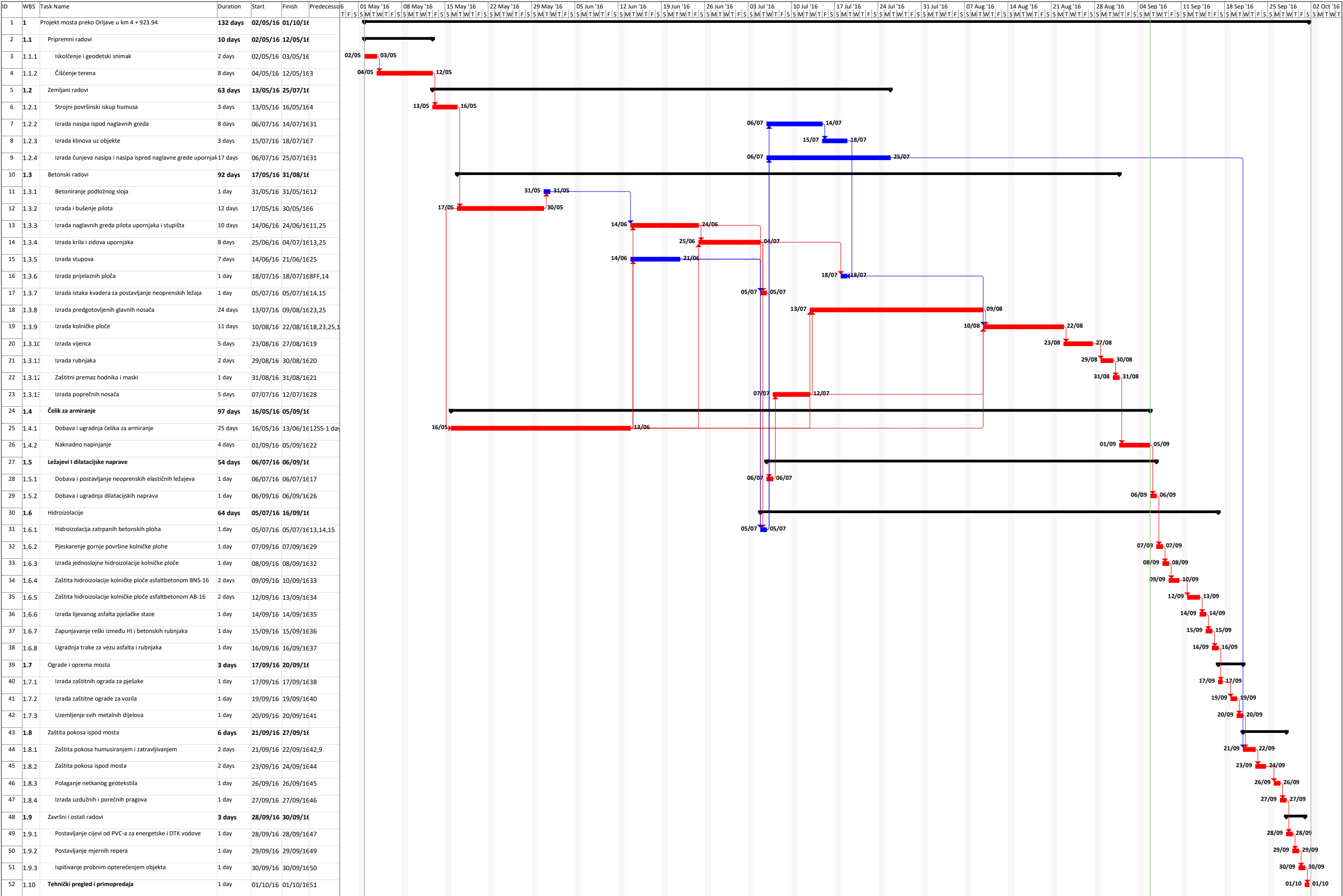
- 1. razina:
 - Projekt mosta preko Orljave u km 4+923.94
- 2. razina:
 - Pripremni radovi
 - Zemljani radovi
 - Betonski radovi
 - Čelik za armiranje
 - Ležajevi i dilatacijske naprave
 - Hidroizolacije
 - Ograde i oprema mosta
 - Zaštita pokosa ispod mosta
 - Završni i ostali radovi
 - Tehnički pregled i primopredaja
- 3. razina:
 - Aktivnosti unutar svake grupe

8.6. Organizacijska raščlamba projekta

OBS (vidi Prilog 4), izrađen koristeći računalni program MindView 6.0, je podjeljen na dvije razine. U prvoj je glavni izvođač, tj. Tvrtka koja je sklopila ugovor s investitorom. U drugoj razini su podizvođači za pojedine vrste radova. Glavni izvođač je zadužen za pripremne, zemljane, betonske i armiračke radove dok je za svaku ostalu vrstu radova zadužen po jedan specijalizirani podizvođač.

9. PRILOZI

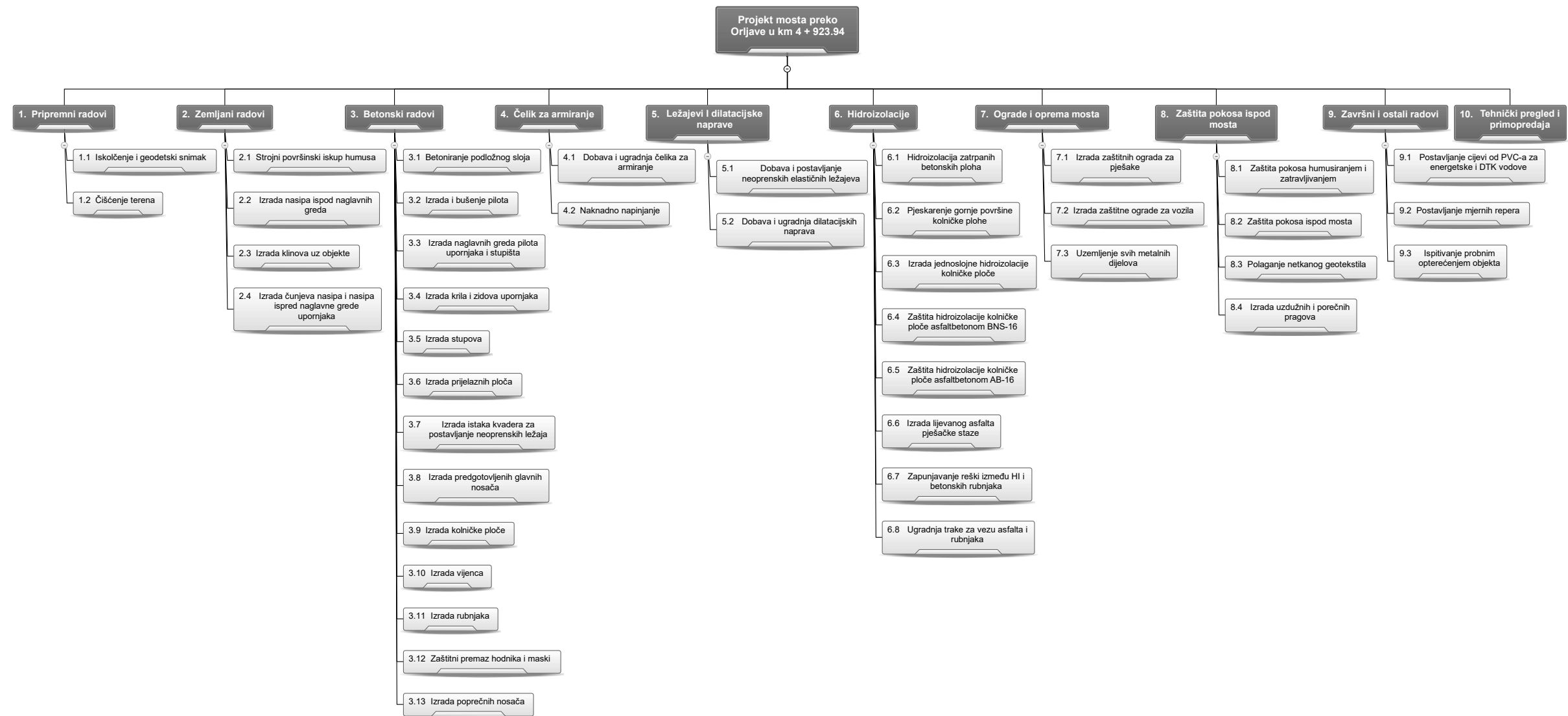
9.1. Prilog 1: Gantogram



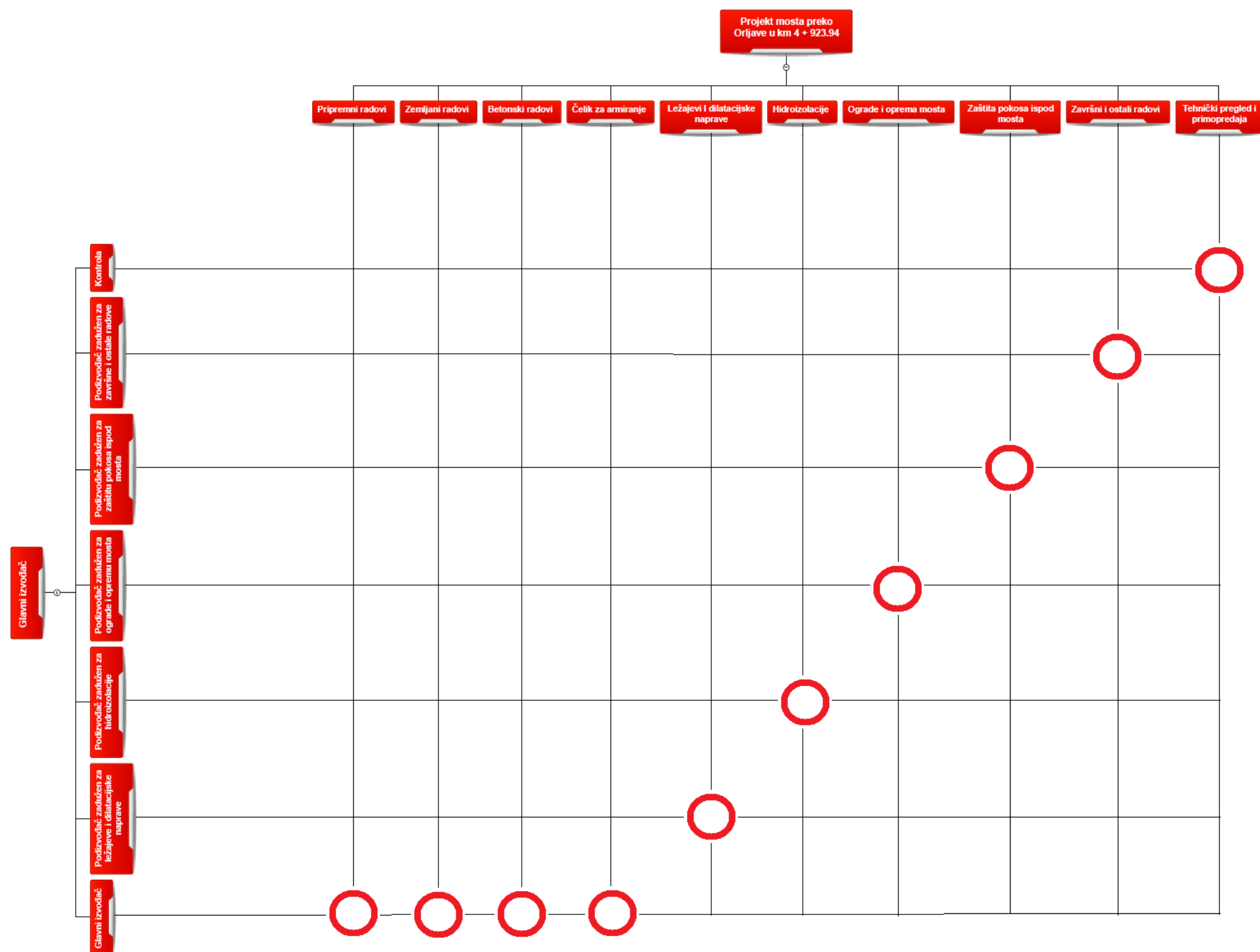
9.2. Prilog 2: S-krivulja troškova



9.3. Prilog 3: WBS



9.4. Prilog 4: Povezivanje WBS-a i OBS-a



10. ZAKLJUČAK

Svaki projekt je jedinstven. To vrijedi i za svaku organizaciju, njenu kulturu, pojedince. Baš zbog te jedinstvenosti i postoji toliko spektar načina pristupanja problemima. Neke od ranije opisanih metoda, koje su u ovom slučaju prigodne, su primijenjene i u ovom idejnom građevinskom projektu izgradnje mosta.

Kroz ovaj projekt je razrađen njegov dinamički plan kroz gantogram i mrežni plan, strukturna i organizacijska struktura i kretanje troškova preko S-krivulje.

Dinamički plan je izrađen na temelju troškovnika i projektnih nacrti – tj. zadanih aktivnosti sa jediničnim cijenama koje su za potrebe računanja rastavljene na nekoliko jednostavnijih, vremenskih normativa i količina isčitanih iz projekta. Planirano trajanje izgradnje mosta iznosi 132 radna dana kroz osmosatno radno vrijeme i radne subote.

Ukupna cijena projekta iznosi 8.525.471,86 kn. Tijek troškova je detaljnije prikazan kroz zasebnu S-krivulju koja u ovom slučaju nije standardnog oblika i mogu se očekivati određene promjene prilikom ažuriranja.

WBS je zbog složenosti aktivnosti preuzetih iz OTU (u programu pojednostavljene samo po imenu) načelno podijeljen po vrstama radova, a ne prema vremenskom slijedu njihovog izvođenja. U OBS-u je pretpostavljeno da će za pripremne, zemljane, betonske i armiračke radove biti zadužen glavni izvođač, dok će za svaku ostalu grupu biti zadužen i odgovoran po jedan zaseban podizvođač.

Ovo su bile samo neke od metoda planiranja ovog konkretnog projekta. Cijelo područje upravljanja projekata je doživjelo i još uvijek doživljava intenzivan razvoj.

Za budućnost treba voditi računa o budućim projektima i usmjeriti taj razvoj u pravom smjeru tj. prema osiguravanju što veće fleksibilnosti.

11. LITERATURA

- [1] Raković, R.: Kvalitet u upravljanju projektima, Beograd, 2007.
- [2] Radujković, M. i suradnici: Planiranje i kontrola projekata, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2012.
- [3] Dolaček-Alduk, Z.: Upravljanje projektima – nastavni materijal, predavanja iz akademske godine 2014./2015.
- [4] Radić, J.: Mostovi, Zagreb, 2002.
- [5] Gligović, D.: Kvalitet u upravljanju projektima, Svarog br.1, 2010
- [6] Đuranović, P.: Upravljanje građevinskim projektima, Podgorica, 2003.
- [7] Marenjak, S.; Krstić, H.: Procesi planiranja i kontrole građenja – nastavni materijal, predavanja iz akademske godine 2014./2015.
- [8] Capterra software browser, <http://www.capterra.com/construction-management-software/#infographic>, 20.04.2016.
- [9] Idejni građevinski projekt 58/09-DV-4, Osijek, studeni 2009.
- [10] Šehalić, S.: Normativi i standardi rada u građevinarstvu, Građevinska knjiga, Beograd, 2006.